

ATTACHMENT 1 - - - - 1/2

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2003 年 12 月 18 日 (18.12.2003)

PCT

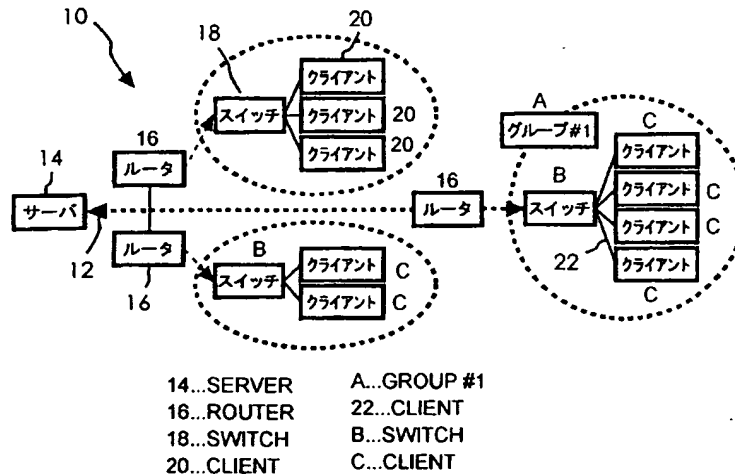
(10) 国際公開番号
WO 03/105421 A1

- (51) 国際特許分類: H04L 12/56, G06F 13/00
- (21) 国際出願番号: PCT/JP03/07093
- (22) 国際出願日: 2003 年 6 月 4 日 (04.06.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2002-165014 2002 年 6 月 6 日 (06.06.2002) JP
特願2002-303850 2002 年 10 月 18 日 (18.10.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション (INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION) [US/US]; 10504 ニューヨーク州アーモンク ニューオーチャード ロード NY (US).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 清水 周一 (SHIMIZU, Shuichi) [JP/JP]; 〒242-8502 神奈川県大和市 下鶴間1623番地14 日本アイ・ビー・エム株式会社 東京基礎研究所内 Kanagawa (JP). 中村 大賀 (NAKAMURA, Taiga) [JP/JP]; 〒242-8502 神奈川県大和市 下鶴間1623番地14 日本アイ・ビー・エム株式会社 東京基礎研究所内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 坂口 博, 外 (SAKAGUCHI, Hiroshi et al.); 〒242-8502 神奈川県大和市 下鶴間1623番地14 日本アイ・ビー・エム株式会社 大和事業所内 Kanagawa (JP).

[続葉有]

(54) Title: DIGITAL CONTENT DELIVERY SYSTEM, DIGITAL CONTENT DELIVERY METHOD, PROGRAM FOR EXECUTING THE METHOD, COMPUTER-READABLE RECORDING MEDIUM STORING THEREON THE PROGRAM, AND SERVER AND CLIENT FOR IT

(54) 発明の名称: デジタル・コンテンツ配信システム、デジタル・コンテンツ配信方法、該方法を実行するためのプログラム、該プログラムを記憶したコンピュータ可読な記録媒体、およびそのためのサーバおよびクライアント



(57) Abstract: A digital content delivery system, a digital content delivery method, a program for executing the method, a computer-readable recording medium storing thereon the program, and a server and a client for it. The digital content delivery system delivers a digital content via a first network (12) and a second network (22). A server (14) is connected to the first network (12), and clients (20) each of which receives a digital content and displays or reproduces it are connected to the second network (22). The server (14) divides a digital content it has into a plurality of packets and sends the packets, which are minimum units for configuring the digital content, to the second network (22). Each of the clients (20) includes means for allowing the client (20) to hold a digital content using the packets, which are minimum units, received by the client (20) from the server (14) and the packets received from another client of the second network.

(57) 要約: デジタル・コンテンツ配信システム、デジタル・コンテンツ配信方法、該方法を実行するためのプログラムおよび該プログラムを記憶したコンピュータ可読な記録媒体、およびそのためのサーバおよびクライアント

[続葉有]

WO 03/105421 A1

DOCKET NUMBER: JP920020100US1

-4/5-

BEST AVAILABLE COPY



(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

トを提供する。本発明のデジタル・コンテンツ配信システムは、第1のネットワーク12と第2のネットワーク22とを介してデジタル・コンテンツを配信し、サーバ14は、第1のネットワーク12に接続され、第2のネットワーク22には、デジタル・コンテンツを受信して表示または再生するためのクライアント20が接続されている。サーバ14は、保持したデジタル・コンテンツを複数のパケットに分割し、第2のネットワーク22に対してデジタル・コンテンツを構成するための最小単位のパケットを送信し、クライアント20は、クライアント20がサーバ14から受信した最小単位のパケットと、第2のネットワークを構成する他のクライアントから受信したパケットとを使用して、クライアント20に対してデジタル・コンテンツを保持させるための手段を含む。

明 細 書

デジタル・コンテンツ配信システム、デジタル・コンテンツ配信方法、
該方法を実行するためのプログラム、該プログラムを記憶したコンピュー
5 タ可読な記録媒体、およびそのためのサーバおよびクライアント

技術分野

本発明は、デジタル・コンテンツの配信に関し、より詳細には、デジタルコ
ンテンツ配信サイトからネットワークを介してデジタル・コンテンツを配信して、
10 複数のクライアントに保持させることにより、ネットワークを介してデジタル・コ
ンテンツを効率よく配信することを可能とするデジタル・コンテンツ配信シス
テム、デジタル・コンテンツ配信方法、該方法を実行させるためのプログラム、
該プログラムを含むコンピュータ可読な記録媒体、そのためのサーバおよびク
ライアントに関する。

15

また、本発明は、ネットワークを介して互いに接続され、それぞれ複数のクラ
イアントを含んで構成される複数のグループを含む所定の大域グループに対
し、サーバに対する通信トラフィックのオーバーヘッドを低減させつつ、ディ
ジタル・コンテンツの配信を可能とするデジタル・コンテンツ配信システム、およ
20 びそのためのサーバ、およびクライアント、並びにコンピュータを上述したサー
バおよびクライアントとして機能させるための制御方法、それらのためのプロ
ラムおよび該プログラムを記録したコンピュータ可読な記録媒体に関する。

背景技術

25 近年では、コンピュータ、公衆電話回線、ISDN、光通信、無線通信、AD
SL、CATVなどの方式を介したインターネットといったネットワークがますます
普及している。今後、電子メールといったデジタル・コンテンツの配信ばかり
ではなく、ネットワークを介してテキスト・データ、音声データ、画像データ、お
よびこれらの複合したマルチメディア・データを、デジタル・コンテンツを提供

するサイトに配置されたサーバから、ネットワークを介して複数のコンピュータ、または携帯型端末といったクライアントへと配信するサービスがさらに普及するものと考えられる。

- 5 一方では、上述したインターネットといった広範な範囲に渡ってデジタル・コンテンツを配信、または管理することが可能な第1のネットワークの他に、企業、政府機関、行政機関、教育機関、図書館、放送通信機関といった公共的グループにおいてコンピュータ資源の効率的な利用を可能とするため、インターネットに比較すれば狭い範囲においてデジタル・コンテンツを共有し
- 10 て管理し、配信を行う、ローカル・エリア・ネットワーク(LAN)、ワイド・エリア・ネットワーク(WAN)といった第2のネットワークも、急速に普及している。すなわち、現在におけるサーバー公共的グループ間の接続は、多くの場合には、複数のグループに帰属される複数のネットワークを介して行われているといえる。通常、上述した第2のネットワークにおいては、コンピュータといった複数の
- 15 クライアント(以下、クライアントとして参照する。)が所定のグループを形成するように接続されており、グループ毎に所与のデジタル・コンテンツを保持することが可能とされている。

20 上述したネットワーク環境においては、サーバが保持するデジタル・コンテンツを、他のネットワークに帰属される複数のクライアントへと配信することが必要とされる場合がある。これまでサーバから送信されるデジタル・コンテンツを複数のクライアントに向けて配信する送信する方法またはシステムが種々提案されてきている。

- 25 例えば、Deering, S.ら、「Multicast. "Routing in Internetworks and Extended LANs" (Stanford University, Department of Computer Science Technical Report: STAN-CS-88-1214, July, 1988)においては、ネットワーク系路上でパケットの重複を回避するため、いわゆるIPマルチキャストと呼ばれる方法が提案されている。図31には、Deeringらにより提案されたI

Pマルチキャスト方式の概略図を示す。図31に示されるように、Deering らにより提案されたIPマルチキャスト方式は、ネットワーク100上でのパケットの重複を排除し、良好な通信を可能とするものの、単純なIP転送を行うルータの代わりに、サービスを受けるクライアントに関する「ステート(state)」を持つ専用
5 のルータを配置する必要があるなど、ネットワーク資源の複雑化を伴うといった不都合があった。また、上述したネットワーク資源の複雑化に関連して、ネットワーク設備の増設が必要とされること、またはクライアントの不意の障害や、離脱といった事態に対応することができないなど、スケーラビリティに制約が生じるという不都合が生じていた。

10

また、IPマルチキャストは、任意のソースから任意のグループにデータが送れるという仕組み上、悪意のある攻撃に弱くなること、グループに対して唯一の大域的なアドレスを確保する必要があること、基本的にベスト・エフォート型であり、デジタル・コンテンツの配信を行う点では低コストでサービスを運営でき
15 るという利点がある。しかしながら、IPマルチキャストは、わずかな回線中断が多大な損失につながる企業の基幹回線や、常に一定の帯域を確保する必要がある動画配信などの用途には不向きであるなど、信頼性や、混雑の回避、セキュリティなどの扱いが、ユニキャストに比べて難しいという不都合がある。さらには、IPマルチキャストは、ネットワーク基盤の大規模な変更を必要と
20 することなどの理由により、まだまだ実用的であるとはいえない。

また、上述したIPマルチキャストの問題点を解消するために、「アプリケーションレベル・マルチキャスト(application-level multicast)」方式も提案されている(Dimitrios Pendarakis, Sherlia Shi, Dinesh Verma, and Marcel
25 Waldvogel. Almi: An application level multicast infrastructure. In Proceedings of the 3rd USENIX Symposium on Internet Technologies and Systems (USITS), pages 49--60, 2001; Y. Chu, S. Rao, and H. Zhang. A Case For End System Multicast. In Proc. ACM Sigmetrics, June 2000; P. Francis, "Yoid: extending the internet multicast

architecture, preprint available from
http://www.isis.edu/div7/yoid/, April 2000)。

- 上述した先行技術においては、クライアントがパケット送信の中継点を兼ねて、より下流側のクライアントにパケットを転送する方式が用いられる。図 24 には、アプリケーションレベル・マルチキャスト方式を使用したデジタル・コンテンツの配信の概略図を示す。図 32 に示されるアプリケーションレベル・マルチキャスト方式は、クライアント 106 に対してランクを与え、それぞれパス木構造にしたがって、パケットの送信を行うことができる構成とされている。図 32
- 10 に示したアプリケーションレベル・マルチキャスト方式においては、Pendarakis らは、すべての参加クライアントを効率的に接続する最小ネットワークを計算する。また、Chu らは、パケットの流れをクライアントに対して割り当てる試みを行っている。
- 15 最小ネットワークは、たとえば、枝が round-trip time (RTT) で重み付けされた minimum spanning tree (MST) として形成される。MST は、静的に決定されるので、参加クライアントの離脱等が起きた場合には再構成が必要となる。この再構成を行う計算は、サーバ 108 が実行するので、サーバ 108 に対して与えられるオーバーヘッドが大きくなるという不都合がある。また、各々
- 20 の参加離脱による再構成を局所的に行い、定期的に全体の構成を見直すなどとして、サーバ 108 に対するオーバーヘッドを軽減するための方式も提案されている。それでも、パケットを送信するパス木構造の中間に位置するクライアントが離脱した場合や、クライアント 106 の中央処理装置 (CPU) が他のプロセスに割り当てられ、パケットをリレーできない場合などには、その下流のクライアントにおいてパケット受信の突発的な遮断といった影響を受ける。この不
- 25 都合を回避するには、最小ネットワーク (木構造) に冗長性を持たせる、あるいは代替の木構造をあらかじめ用意するなどの対策が必要となり、最小ネットワークの構成がますます複雑化し、このため、再構成の際にサーバ 108 に対して加えられるオーバーヘッドがさらに増加することになる。この理由は、各

クライアントがリレーの役割を静的に与えられていることによるものであり、ネットワーク構成情報を含むパス木構造の生成・再構成は、サーバのみが行うことによる。

- 5 一方では、分散したクライアントを使用して、協調的に送信パケットのキャッシングを行うシステムも提案されている。協調的にパケットのキャッシングを行うシステムでは、サーバ108からではなくて、クライアント106のキャッシュからデータを入手する(特願平11-282332明細書、発明の名称「分散クライアントベースのデータ・キャッシング・システム」)。特願平11-282332号明細書
- 10 には、各クライアントが、データ・キャッシュとクライアントの対応表を利用して、希望するデータをキャッシュしているクライアントを探し出し、そのクライアントからデータを入手する手法が開示されている。

- 特願平11-282332号明細書に開示された方法は、良好にクライアント
- 15 におけるキャッシングを行うことを可能とするものの、データを入手した時点で、少なくともキャッシュされるデータの長さだけ遅れが生じ、時間遅れの小さい、リアルタイム性が必要なストリーミングなどの場合には、リアルタイム性の点で充分ではない。また、特願平11-282332号明細書では、大きなデータ長でのキャッシングについては何ら開示するものではない。また、上述したデータ・キャッシング・システムは、キャッシングによる時間遅延を低減するべく、スト
- 20 リームを小さなパケットに分割して管理すると、パケットの単位で頻繁にキャッシングのための対応表を更新することが必要となり、クライアントに対するオーバーヘッドが増大する。そのため、対応表をクライアントに含ませる利点が損なわれるばかりでなく、クライアントのオーバーヘッドを著しく増加させてしまうの
- 25 で、実用的ではない。

一方、Aramaki らは、クライアントをエッジ・サーバに接続させる構成を提案している(<http://www.akamai.com>)。図33にAramakiらにより提案された方式を概略的に示す。図33に示したAramakiらの方式では、ネットワーク100

- を介して遠隔的に配置されたサーバ108と、クライアント106の近くに配置されたエッジ・サーバ110とを使用する。遠隔サーバ108と、エッジ・サーバ110との間のネットワーク100は、ベスト・エフォート型のネットワークとされており、バンド幅を使い切るようにしてデジタル・コンテンツを送信した後、送信された
- 5 デジタル・コンテンツは、いったんエッジ・サーバ110でキャッシュされる。キャッシュされたデジタル・コンテンツは、エッジ・サーバ110から改めて近隣のクライアントにストリーミングされ、デジタル・コンテンツのクライアントに対する配信が完了される。すなわち、Aramaki らの方法は、サーバ108とエッジ・サーバ110の間のパケットの重複を抑え、混雑を回避する方法のひとつの解決
- 10 策を与えるものである。しかしながら、エッジ・サーバ110を使用する場合であっても、エッジ・サーバ110のオーバーヘッドが課題となりがちで、エッジ・サーバ110から各クライアントへとパケットを送信する際にも送信パケットの重複を低減することが必要である。
- 15 サーバ108とエッジ・サーバ110の間がインターネットでない場合でも、バックボーンがバンド幅共有型のイントラネットなら、バックボーンでのパケット重複による混雑を回避するために同様のサーバ108と、エッジ・サーバ110とを使用する構成が利用できる。しかしながら、バックボーン・ルータで相互接続されているエンド・ルータの下すべてにエッジ・サーバ110を配置することが必要とさ
- 20 れるので、LANまたはWANといった第2のネットワークを構成するためのコストが高まり、さらにエッジ・サーバ110のメンテナンス・コストの増加、そのためのネットワーク管理者への負荷増大といった不都合が発生してしまう。また、システムとしての複雑さの増加は、ネットワークおよびそのための処理の自律性 (autonomic computing) という観点から問題となる状況が生じる。このため、
- 25 デジタル・コンテンツをリアルタイム性を確保しつつ、複数のクライアントへと、特別の補助サーバ(エッジ・サーバなど)を持たず、単純で、かつ self-configuring、self-optimizing などの機能を含むネットワークの自律性を付与したロバスト運用されるシステムを提供することが必要とされていた。

また、前述のIPマルチキャストでは送信元は宛先として特別な範囲内の値をもつIPアドレスを指定してパケットを送信する。このIPアドレスがマルチキャストグループを表しており、受信側ホストは、このグループへの参加要求を経路上にある各ルータへと送信し、これを受信したルータが参加要求を送信したグループを認識してパケットを配信する処理を実行する。マルチキャストを使用することによっても適切なルーティングを行うことにより、パケットの重複なしに多数の受信側ホストに対して一度に同じパケットを送信することができる。

- 10 上述したルータを越えない単一ネットワーク内や、限定されたネットワーク上では、特に設備・装置の大きな投資負担や、通信トラフィックに対する不都合を生じさせずにマルチキャストによるコンテンツの配信は良好に機能する。しかしながら、現状のインターネットが全体として使用する通信プロトコル(IPv4)では通常、マルチキャスト機能が有効化されておらず、実際にインターネット上
- 15 ト上でマルチキャストを行うには一般に追加の装置・設備を必要とする。

図34には、上述したマルチキャストが可能なグループに対して疑似マルチキャスト、例えばよく知られた方法として、マルチキャストに対応したネットワークと別のマルチキャスト対応のコンテンツ配信を可能とするネットワーク・システムを示す。図34に示したネットワーク・システムは、サーバと、複数のグループとの間に複数のトンネルを形成することによりデジタル・コンテンツの配信を可能としている。図34に示されるサーバ112は、各グループ114a~114cから構成される大域グループGへとデジタル・コンテンツを、インターネットといった第1のネットワーク116を介して配信する。図34に示された大域グループ

20 Gは、グループ114a~グループ114cを含んで構成されており、例えば企業、公共機関、政府機関、学校教育機関などを挙げることができる。

具体的には、例えば1つの企業を例として説明すると、グループ114aは、北海道営業所であり、グループ114cは、同一の企業の九州営業所などと

することができる。図34に示したサーバ112は、グループ114a～114cのそれぞれに対して、いわゆるトンネル118a～118cといわれる構成を使用して、デジタル・コンテンツをマルチキャスト配信している。トンネル118a～118cは、より詳細には異なる二つのネットワーク間に、それぞれトンネルの入口ポートおよび出口ポートを設置し、入口ポートと出口ポートとを經由してデータ・パケットを転送することで、ネットワーク上の受信者に対してマルチキャスト・パケットを一度に配信する。図34に示されるように、複数のグループに対してマルチキャスト配信を行うためには、グループ分だけトンネルを複数用意しなければならないことになる。

10

上述したトンネリングの技術は、既に一般的に知られたものであり、グループが多数ある場合には、トンネリングによるマルチキャスト配信は十分に機能しないことが多いことも知られている。これをより具体的に示したのが図35である。図35では、デジタルコンテンツの送信者（以下プロバイダとして参照する。）と多数のグループとがインターネットを介して接続されている。グループ114a～114cは、グループが使用するISDN、ADSL、CATV、光通信などの通信容量の異なる回線で第1のネットワークに接続されている。さらに、グループ114a～114cは、またそれぞれ通信容量がまちまちで異なる種類の通信インフラ基盤、例えばイーサネット（登録商標）やワイヤレス通信ネットワークを用いて構成されたローカル・エリア・ネットワーク（LAN）といった第2のネットワークにより接続されている。これらの第2のネットワーク上にそれぞれ複数のクライアント122が接続されており、これらがルータ124などによって第1のネットワーク116に接続されている。このような状況で、サーバ112がすべてのクライアント122に対してパケットを送信するものとする。

25

図35に示した状況下では、トンネリングによりマルチキャスト配信を行う従来の手法では、下記に示す不都合が生じる。

(1) 受信側となるグループにおける運用および管理の問題：第2のネットワークにトンネルのポートを提供するため、マルチキャストによるパケットを受信し、

クライアント122へとマルチキャストすることが可能な構成とされた専用ホスト装置が必要になる。当然ながら、グループ内を相互接続するLANへの通信は、専用ホスト装置の機能に依存するため、もし専用ホストが何らかの理由で利用できなくなった場合には、専用ホスト装置が管理する第2のネットワークのすべてのクライアントに影響が生じてしまう。

(2)コンテンツ配信サーバのネットワーク帯域幅の問題：サーバ112と各グループ間の通信は、ユニキャストであるため、グループがM個あればサーバが送信するパケット量、およびそのための通信トラフィック量は、M倍になる。したがって、サーバ112側において非常に太い通信インフラ基盤を使用しない限り、グループが多くなればなるほどリアルタイム性を損なわずに同時に通信することはできず、マルチキャストを使用するコスト・メリッ的な魅力が失われてしまうことになる。

すなわち、これまで1対多のデジタル・コンテンツ、特にリアルタイム性が必要とされるデジタル・コンテンツの配信において、ネットワーク系路上での送信パケットの重複を避けて、トラフィックの混雑を回避すると共に、個々のルータの複雑化を招くことなく、また経路上すべてのルータを交換する作業およびコストなど、大規模な投資を伴う変更を必要としないリアルタイム性の向上したデジタル・コンテンツの配信を可能とすることが必要とされていた。また、ルータ、スイッチング・ハブなどのネットワーク層の変更なく、さらには静的な最小ネットワークにおけるクライアントの頻繁な参加および離脱に対応する再構成の必要を排除することで、サーバへのオーバーヘッドを低減させ、ネットワーク・システムの安定性を損なわずにデジタル・コンテンツの配信を行うことが必要とされていた。

具体的に言えば、たとえば、上流の中継点に位置するクライアントが異常終了などで離脱した場合に、その下流側のクライアントの安定性を確保し、確実にユーザに対してデジタル・コンテンツを配信することを可能とすべく、

冗長性を持たせるネットワーク構成にするなど、ネットワーク資源の複雑化およびサーバに対する再編成のオーバーヘッドを増すことなく、デジタル・コンテンツのリアルタイム性を確保するデジタル・コンテンツの配信を行うことが必要とされていた。

5

さらには、トンネリングを使用する場合にはグループが増えるにつれて構成されるトンネルの個数を増やすことも可能であるが、トンネルの数の増加に対応してサーバ側の通信トラフィックをさらに圧迫することになる。また、サーバ側における上述した不都合を防止するためにグループ間にもトンネルを構成し、カスケード状にパケットを中継することでサーバ側の混雑を避ける方法も考えら

10 れる。しかしながら、グループ間においてもトンネルのポートを構成するため追加の装置・設備が必要となることや、グループ間における階層構造が形成されるため、一つのグループにおけるトンネルの障害が、他のグループにも致命的な影響を与えてしまうことになるという、新たな問題が生じる。さらには、サーバから直接送られたパケットと、カスケード的に他のグループから送られてきた

15 パケットとが重複してしまうことも考えられ、このためにデジタル・コンテンツの再生に不都合をきたしたり、ソフトウェア的にパケットの重複を排除することが必要となるなど、再生品質およびソフトウェア・コスト的にも、充分に対応を可能とするものではない。

20

発明の開示

本発明は、上述した不都合に鑑みてなされたものであり、本発明においては、グループの数に依存することなく、サーバから複数の情報処理装置に対してデジタル・コンテンツをリアルタイムで提供する。デジタル・コンテンツの

25 提供は、サーバが、デジタル・コンテンツを第1のネットワークを介してパケットとして第2のネットワークに属する少なくとも1つのクライアントへと送信する。送信されるパケットは、デジタル・コンテンツを再構成するために必要とされる最小単位とされる。なお、本発明においては、最小単位のパケットとは、元のデジタル・コンテンツをパケットの重複無く再構成することができる最小のパ

ケットのことを意味し、本発明においては、以下、ソース・パケットとして参照する。ソース・パケットを受け取ったクライアントは、第2のネットワークを介して第2のネットワークに接続されたクライアントに対して受信したソース・パケットのコピーを送信する。コピー・パケットを送信したクライアントは、他のクライアントが受信したソース・パケットのコピーを受信する。

所定の期間の間に複数のパケットに分割されて送信されたデジタル・コンテンツは、クライアントにおいて結合させることにより再構成され、クライアントにおいてユーザへとリアルタイムで提供される。本発明における提供の態様は、

10 動画イメージ・データの表示、オーディオ・データの再生、マルチメディア・データを構成する画像データの表示と、それに同期したオーディオ・データの再生などの、これまで知られたいかなる態様をも含みうる。以下、本発明において上述した提供態様を含めて表示または再生として定義する。再構成されたデジタル・コンテンツを提供させている間に、クライアントは、さらに後続する

15 パケットを受信し、すでに再構成されたデジタル・コンテンツの提供の間に、後続するストリームの再構成を完了し連続的なデジタル・コンテンツの提供を可能とする。

本発明は、上述の処理を繰り返すことにより、送信されたパケットの重複を

20 回避しつつ、デジタル・コンテンツの安定した配信を続け、ネットワークを構成するクライアントの頻繁な離脱や新規の参加に対して、柔軟に対応することを可能とする。また、本発明は、たとえばCPU割り当て状況の変化など、各クライアントにおける大きな環境変動に対してもデジタル・コンテンツの配信の効率に影響を与えない、安定したシステムを実現する。また、本発明は、

25 特別な構成のルータや、スイッチング・ハブ、または補助サーバなどを用いないことにより、ネットワーク・システムのコストを不必要に増大させることなく、さらにネットワーク・ユーザに対してメンテナンスなどの業務を付加することのないデジタル・コンテンツの配信を可能とする。

さらに本発明は、配信を行うためのトンネルにかかわらず効率的にサーバから所定の大域グループへと配信を行うための疑似トンネリング配信を提供する。本発明において疑似トンネル配信とは、サーバからはデジタル・コンテンツを再構成するに必要とされる最小限のソース・パケットを重複なく大域グループへと配信するだけで、大域グループ内のクライアントに同一のデジタル・コンテンツを重大なタイムラグを生じさせず、かつスムーズに提供することを可能とする配信システムおよび配信方法を意味する。本発明における疑似トンネル配信においては、サーバは、パケットを複数のグループに帰属されるクライアントへと重複なく配信する。本発明では、複数のクライアントは、グループを構成し、複数のグループが大域グループを構成する。また、サーバは、大域グループ全体に対してパケットを送信することが可能な構成とされ、パケットを送信する場合に大域グループ内から都度送信先のクライアントを選択する。少なくとも1台のクライアントは、デジタル・コンテンツを構成するソース・パケットをサーバから受信する。サーバおよびクライアントは、大域グループを構成するクライアントのクライアント・リストを保有しており、ソース・パケットを受信したクライアントは、ソース・パケットと共に受信するソース・パケット配信データまたは予め割り当てられたコピー先リストを参照して、他のクライアントへと、ソース・パケットのコピーを配信する。上述した処理を実行することによりすべてのクライアントにおいてデジタル・コンテンツを過不足なく再構成する。

20

さらに本発明では、大域グループに属するクライアントのネットワーク特性を効率的に活用するために、グループにおけるLANを有効利用する。各グループは、各グループに帰属されるクライアント間で例えば、一つのスイッチング・ハブに接続させて構成することで、スイッチの機能を利用して互いに影響を与えることなく通信が可能となる。また、本発明においては、一つのルータの下に接続された複数のクライアントと、アプリケーション・コンピュータとの間においてマルチキャスト対応の第3のネットワークを構成させることで、デジタルコンテンツをグループに共有させ、クライアントのオーバーヘッドおよびハードウェア資源をより低減することを可能とする。

25

すなわち、本発明によれば、第1のネットワークと第2のネットワークとを介してデジタル・コンテンツを配信するためのシステムであって、

前記第1のネットワークに接続され、デジタル・コンテンツを送信するサーバ
5 と、

前記第1のネットワークに接続される前記第2のネットワークを構成し、前記デジタル・コンテンツを受信して提供するためのクライアントとを含み、

前記サーバは、保持したデジタル・コンテンツを複数のパケットに分割して前記第2のネットワークに対して前記デジタル・コンテンツを構成するための
10 最小単位のパケットを送信する手段を含み、

前記第2のネットワークを構成する前記クライアントは、前記クライアントが前記サーバから受信した前記最小単位のパケットと、前記第2のネットワークを構成する他のクライアントから受信したパケットとを使用して、前記第2のネットワーク内に接続されたすべての前記クライアントに対して前記デジタル・コンテンツを保持させるための手段を含む
15

デジタル・コンテンツ配信システムが提供される。

本発明においては、前記サーバは、前記最小単位のパケットを、前記第2のネットワークの複数のクライアントに動的に割り当てる手段を含むことができる。本発明における前記最小単位のパケットを前記第2のネットワークの複数のクライアントに割り当てる手段は、
20

前記クライアントのオーバーヘッドを決定するための手段と、

前記オーバーヘッドに関連して前記クライアントの少なくとも1つを中間ノードとして動的に選択し、当該中間ノードに宛てて前記パケットを割り当てる手段と
25

を含むことができる。本発明の前記クライアントのオーバーヘッドを決定するための手段は、前記サーバが前記最小単位のパケットを所定のクライアントに宛てて送信した時刻と、前記所定のクライアントが前記最小単位のパケットの受信通知を発行した時刻との時間差を決定するための手段を含むこと

ができる。

本発明によれば、第1のネットワークに接続され、デジタル・コンテンツを送信するサーバと、前記第1のネットワークに接続される第2のネットワークを構成し、前記デジタル・コンテンツを受信して提供するためのクライアントとを含み、前記第1のネットワークと前記第2のネットワークとを介してデジタル・コンテンツを前記クライアントに配信するための方法であって、

デジタル・コンテンツを複数のパケットに分割して前記サーバから前記クライアントに対して前記デジタル・コンテンツを構成するための最小単位のパケットを送信するステップと、

前記第2のネットワークを構成するクライアントが前記サーバから前記最小単位のパケットを受信するステップと、

前記第2のネットワークを構成する他のクライアントから前記デジタル・コンテンツを再構成するためのパケットを受信するステップと、

前記サーバから送信された前記最小単位のパケットと、前記他のクライアントから受信したパケットとを使用して、前記第2のネットワーク内に接続されたすべての前記クライアントに対して前記デジタル・コンテンツを保持させるステップと

を含むデジタル・コンテンツ配信方法が提供される。

20

本発明によれば、第1のネットワークに接続され、デジタル・コンテンツを送信するサーバと、前記第1のネットワークに接続される第2のネットワークを構成し、前記デジタル・コンテンツを受信して提供するための宛先が指定されたクライアントとを含み、前記第1のネットワークと前記第2のネットワークとを介してデジタル・コンテンツを前記宛先に宛てて配信する方法を実行するためのサーバ・プロセスを実行するプログラムであって、前記プログラムは、

デジタル・コンテンツを複数のパケットに分割するステップと、

最小単位のパケットを、前記サーバから前記第2のネットワークの複数の宛先に動的に割り当てるステップと、

- 前記サーバから前記第1のネットワークを介して前記第2のネットワークに対して前記デジタル・コンテンツを構成するための最小単位のパケットを送信するステップと、
- を含み、前記割り当てステップは、
- 5 前記宛先からの受信通知を受信するステップと、
- 前記受信通知を前記サーバに保持させるステップと、
- 前記保持された受信通知を使用して関連して中間ノードとなる宛先を選択するステップと、
- 前記中間ノードとして選択された宛先に宛てて前記最小単位のパケットを
- 10 割り当てるステップと
- を実行させるプログラムが提供される。

- 本発明によれば、第1のネットワークに接続され、デジタル・コンテンツを送信するサーバと、前記第1のネットワークに接続される第2のネットワークを構成し、前記デジタル・コンテンツを受信して提供するための宛先が指定されたクライアントとを含み、前記第1のネットワークと前記第2のネットワークとを介してデジタル・コンテンツを前記宛先に宛てて配信する方法を実行するためのサーバ・プロセスを実行するプログラムが記録されたコンピュータ可読な記録媒体であって、前記プログラムは、
- 15 デジタル・コンテンツを複数のパケットに分割するステップと、
- 前記サーバから最小単位のパケットを、前記第2のネットワークの複数の宛先に動的に割り当てるステップと、
- 前記サーバから前記第1のネットワークを介して前記第2のネットワークに対して前記デジタル・コンテンツを構成するための最小単位のパケットを送信
- 25 するステップと、
- を含み、前記割り当てステップは、
- 前記宛先からの受信通知を受信するステップと、
- 前記受信通知を前記サーバに保持させるステップと、
- 前記保持された受信通知を使用して関連して中間ノードとなる宛先を選

択するステップと、

前記中間ノードとして選択された宛先に宛てて前記最小単位の packets を割り当てるステップと

を実行させる記録媒体が提供される。

5

本発明によれば、第1のネットワークに接続され、デジタル・コンテンツを送信するサーバと、前記第1のネットワークに接続される第2のネットワークを構成し、前記デジタル・コンテンツを受信して提供するためのクライアントとを含み、前記第1のネットワークと前記第2のネットワークとを介してデジタル・コンテンツを前記クライアントに配信するための方法を実行するクライアント・プロセスを実行させるためのプログラムであって、該プログラムは、前記クライアントに対し、

前記第1のネットワークを介して複数の packets に分割されたデジタル・コンテンツを構成する最小単位の packets を受信するステップと、

15 前記第2のネットワークを構成する他のクライアントから前記デジタル・コンテンツを再構成するための packets を受信するステップと、

前記第1のネットワークを介して受信した前記最小単位の packets と、前記他のクライアントから受信した packets とを使用して前記第2のネットワークに含まれる前記クライアントに対して前記デジタル・コンテンツを保持させるステップと

20 プと

を実行させるプログラムが提供される。

本発明によれば、第1のネットワークに接続され、デジタル・コンテンツを送信するサーバと、前記第1のネットワークに接続される第2のネットワークを構成し、前記デジタル・コンテンツを受信して提供するためのクライアントとを含み、前記第1のネットワークと前記第2のネットワークとを介してデジタル・コンテンツを前記クライアントに配信するための方法を実行するクライアント・プロセスを実行させるためのプログラムが記録されたコンピュータ可読な記録媒体であって、該プログラムは、前記クライアントに対し、

25

前記第1のネットワークを介して複数のパケットに分割されたデジタル・コンテンツを構成する最小単位のパケットを受信するステップと、

前記第2のネットワークを構成する他のクライアントから前記デジタル・コンテンツを再構成するためのパケットを受信するステップと、

- 5 前記第1のネットワークを介して受信した前記最小単位のパケットと、前記他のクライアントから受信したパケットとを使用して前記第2のネットワークに含まれる前記クライアントに対して前記デジタル・コンテンツを保持させるステップと

を実行させる記録媒体が提供される。

10

本発明によれば、第1のネットワークに接続され、デジタル・コンテンツを前記第1のネットワークに接続される第2のネットワークに対して提供するためのサーバであって、該サーバは、

デジタル・コンテンツを複数のパケットに分割するための手段と、

- 15 前記第2のネットワークに含まれる宛先を含むリストを記憶する手段と、

前記サーバから前記第1のネットワークを介して前記第2のネットワークに対して、前記デジタル・コンテンツを構成するための最小単位のパケットを送信する手段と、

- 20 前記リストを使用して前記最小単位のパケットを送信する前記第2のネットワークに対する宛先を動的に割り当てる動的割り当て手段と、

前記宛先からの受信通知を受信する手段と、

前記受信通知を使用して中間ノードとなる宛先を選択する手段と、

前記中間ノードとして選択された宛先を使用して前記最小単位のパケットを送信する手段と

- 25 を含むデジタル・コンテンツ配信サーバが提供される。

本発明によれば、第1のネットワークを介して配信されるデジタル・コンテンツを受信し、前記第1のネットワークに接続される第2のネットワークを構成するクライアントであって、該クライアントは、

前記第1のネットワークを介して複数のパケットに分割されたデジタル・コンテンツを構成する最小単位のパケットを受信する手段と、

前記第2のネットワークを介して前記デジタル・コンテンツを再構成するためのパケットを受信する手段と、

- 5 前記第1のネットワークを介して受信した前記最小単位のパケットと、前記第2のネットワークを介して他のクライアントから受信したパケットとを使用して、前記第2のネットワークに含まれるクライアントに対して前記デジタル・コンテンツを保持させる手段と

を含むクライアントが提供される。

10

本発明によれば、第1のネットワークと第2のネットワークとを介してデジタル・コンテンツを所定の大域グループに配信するためのシステムであって、

前記第1のネットワークに接続され、デジタル・コンテンツを送信するサーバと、

- 15 前記第1のネットワークに接続される前記第2のネットワークを構成するクライアントを含んで構成され、前記デジタル・コンテンツを受信して提供する前記大域グループを構成する複数のグループとを含み、

前記サーバは、保持したデジタル・コンテンツを複数のパケットに分割して前記グループの前記クライアントに対して前記デジタル・コンテンツを構成

- 20 するための最小単位のパケットを重複なく送信する手段を含み、

前記最小単位のパケットを受信した前記クライアントは、前記クライアントを含むサブ大域グループを構成するすべてのクライアントおよび他のグループを構成する他のクライアントに前記サーバから受信した前記最小単位のパケットのコピーを配信する手段を含むデジタル・コンテンツ配信システムが提供

- 25 される。

本発明によれば、第2のネットワークを介して接続される複数のグループを含んだ大域グループに対して第1のネットワークを介してデジタル・コンテンツを配信するため、前記第1のネットワークに接続されたサーバであって、

保持したデジタル・コンテンツを複数のパケットに分割して最小単位のパケットを生成する手段と、

前記最小単位の同一のパケットが所定のグループについて重複しないように前記最小単位のパケットの配信先を選択する手段と、

- 5 前記グループの前記選択されたクライアントに対して前記デジタル・コンテンツを構成するための最小単位のパケットを送信する手段とを含むサーバが提供される。

- 10 本発明によれば、第2のネットワークを介して接続される複数のグループを含んだ大域グループに対して第1のネットワークを介してデジタル・コンテンツを配信するためのサーバとしてコンピュータを制御する方法であって、前記方法は、前記コンピュータに対し、

保持したデジタル・コンテンツを複数のパケットに分割して最小単位のパケットを生成するステップと、

- 15 前記最小単位の同一のパケットが所定のグループについて重複しないように前記最小単位のパケットの配信先を選択して登録するステップと、

前記選択された配信先のデータを前記最小単位のパケットとして記憶させるステップと、

- 20 前記グループの前記選択されたクライアントに対して前記デジタル・コンテンツを構成するため前記記憶された最小単位のパケットを読み出して送信するステップとを実行させる方法が提供される。

- 25 本発明によれば、第2のネットワークを介して接続される複数のグループを含んだ大域グループに対して第1のネットワークを介してデジタル・コンテンツを配信するためのサーバとしてコンピュータを制御するプログラムであって、前記プログラムは、前記コンピュータに対し、

保持したデジタル・コンテンツを複数のパケットに分割して最小単位のパケットを生成するステップと、

前記最小単位の同一のパケットが所定のグループについて重複しないよう

に前記最小単位のパケットの配信先を選択して登録するステップと、

前記選択された配信先のデータを前記最小単位のパケットとして記憶させるステップと、

- 5 前記グループの前記選択されたクライアントに対して前記デジタル・コンテンツを構成するため前記記憶された最小単位のパケットを読み出して送信するステップとを実行させるプログラムが提供される。

- 10 本発明によれば、第2のネットワークを介して接続される複数のグループを含んだ大域グループに対して第1のネットワークを介してデジタル・コンテンツを配信するためのサーバとしてコンピュータを制御するプログラムが記録されたコンピュータ可読な記憶媒体であって、前記プログラムは、前記コンピュータに対し、

保持したデジタル・コンテンツを複数のパケットに分割して最小単位のパケットを生成するステップと、

- 15 前記最小単位の同一のパケットが所定のグループについて重複しないように前記最小単位のパケットの配信先を選択して登録するステップと、

前記選択された配信先のデータを前記最小単位のパケットとして記憶させるステップと、

- 20 前記グループの前記選択されたクライアントに対して前記デジタル・コンテンツを構成するため前記記憶された最小単位のパケットを読み出して送信するステップとを実行させる記憶媒体が提供される。

- 25 本発明によれば、第1のネットワークと第2のネットワークとを介してデジタル・コンテンツを所定の大域グループに配信するため前記第2のネットワークに接続され、前記大域グループのグループを構成するクライアントであって、前記クライアントは、

前記第1のネットワークまたは前記第2のネットワークを介してパケットを受信し、受信パケットが前記デジタル・コンテンツを再構成するための最小単位のパケットか否かを判断する手段と、

前記判断に応答して前記受信パケットからコピー・パケットを生成し、少なくとも他のグループのクライアントに宛ててコピー・パケットを配信する手段と、を含むクライアントが提供される。

- 5 本発明によれば、第1のネットワークと第2のネットワークとを介してデジタル・コンテンツを所定の大域グループに配信するため前記第2のネットワークに接続され、前記大域グループのグループを構成するクライアントとしてコンピュータを制御する方法であって、前記方法は、前記コンピュータに対し、
- 10 前記第1のネットワークまたは前記第2のネットワークを介してパケットを受信してメモリに記憶させるステップと、
- 受信パケットが前記デジタル・コンテンツを再構成するための最小単位のパケットか否かを判断するステップと、
- 前記受信パケットが前記最小単位のパケットであると判断された場合に、前記判断に응答して前記受信パケットからコピー・パケットを生成し、少なくとも
- 15 も他のグループのクライアントに宛ててコピー・パケットを配信するステップと、
- 前記受信パケットが前記最小単位のパケットではないと判断された場合に、前記メモリに受信パケットを記憶させるステップとを実行させる方法が提供される。
- 20 本発明によれば、第1のネットワークと第2のネットワークとを介してデジタル・コンテンツを所定の大域グループに配信するため前記第2のネットワークに接続され、前記大域グループのグループを構成するクライアントとしてコンピュータを制御するためのプログラムであって、前記プログラムは、前記コンピュータに対し、
- 25 前記第1のネットワークまたは前記第2のネットワークを介してパケットを受信してメモリに記憶させるステップと、
- 受信パケットが前記デジタル・コンテンツを再構成するための最小単位のパケットか否かを判断するステップと、
- 前記受信パケットが前記最小単位のパケットであると判断された場合に、

前記判断に応答して前記受信パケットからコピー・パケットを生成し、少なくとも他のグループのクライアントに宛ててコピー・パケットを配信するステップと、

前記受信パケットが前記最小単位のパケットではないと判断された場合に、前記メモリに受信パケットを記憶させるステップとを実行させるプログラムが提供される。

本発明によれば、第1のネットワークと第2のネットワークとを介してデジタル・コンテンツを所定の大域グループに配信するため前記第2のネットワークに接続され、前記大域グループのグループを構成するクライアントとしてコンピュータを制御するためのプログラムが記録されたコンピュータ可読な記憶媒体であって、前記プログラムは、前記コンピュータに対し、

前記第1のネットワークまたは前記第2のネットワークを介してパケットを受信してメモリに記憶させるステップと、

受信パケットが前記デジタル・コンテンツを再構成するための最小単位のパケットか否かを判断するステップと、

前記受信パケットが前記最小単位のパケットであると判断された場合に、前記判断に応答して前記受信パケットからコピー・パケットを生成し、少なくとも他のグループのクライアントに宛ててコピー・パケットを配信するステップと、

前記受信パケットが前記最小単位のパケットではないと判断された場合に、前記メモリに受信パケットを記憶させるステップとを実行させる記憶媒体が提供される。

本発明によれば、所定のデジタル・コンテンツを、連続する複数のストリーム・データとし、前記所定のデジタル・コンテンツを再構成するために必要な最小単位のパケットをサーバからネットワークを介して送信することにより、複数のネットワークを介して接続されたクライアントに前記デジタル・コンテンツを共有化させる方法であって、

前記デジタル・コンテンツの配信を要求する前記クライアントをクライアント・リストを読み出して選択するステップと、

- 前記最小単位の packets を前記選択したクライアントに送信するステップと、
前記最小単位の packets を受信したクライアントに前記最小単位の packets
をメモリに記憶させると共に、コピー・packets を生成させ、前記受信したクライ
アントを除く他のクライアントに対して前記コピー・packets を配信するステップ
5 と、
他のクライアントから受信したコピー・packets を前記メモリに記憶するステッ
プと、
前記メモリ内の packets を再構成して前記配信された所定のデジタル・コ
ンテンツをユーザに共有させるステップとを含む、ネットワーク上でのデジタ
10 ル・コンテンツの共有化方法が提供される。

発明を実施するための最良の態様

以下、本発明を具体的な実施の形態をもって説明するが、後述する実施
の形態は、本発明を制限するものではない。

15

A: デジタル・コンテンツ配信システム

- 図1は、本発明のデジタル・コンテンツ配信システム10を示した概略図で
ある。本発明のデジタル・コンテンツ配信システム10は、ネットワーク12に接
続されたサーバ14と、それぞれルータ16およびスイッチング・ハブ18といった
20 ネットワーク機器を介してネットワーク12に接続された複数のクライアント20と
を含んで構成されている。図1に示されたネットワーク12としては、インターネッ
ト、WAN、LANといったネットワークを挙げることができ、ネットワークを構成す
るための通信媒体としては、公衆電話回線、ISDN、ADSL、光通信、地上
波無線通信、衛星通信などを使用することができる。サーバ14は、ネットワー
ク12およびネットワーク22を介して、クライアント20へと、本発明に従いデジ
25 タル・コンテンツを配信している。本発明において配信されるデジタル・コン
テンツとしては、リアルタイム性を持って同時に複数のクライアントに対してコン
テンツの提供を行うことが必要な、MPEG2、MPEG4、またはさらに高次の
動画イメージ・データなどを挙げることができる。また、本発明においてはディ

デジタル・コンテンツとしては、動画イメージ・データの他、動画イメージ・データと音響データ、テキスト・データといった複数の種類のデジタルデータを含んで構成されたマルチメディア・データを用いることもできる。

- 5 また、クライアント20は、ルータ16およびスイッチング・ハブ18などを介してネットワーク12へと接続されていると共に、同一のルータ16ごとに割り当てられた、たとえばIPアドレスなどの識別子により、所定のグループ#1などとして、サーバ14により識別されている。また、所定のグループ内においてクライアントは、本発明の好ましい実施の形態においてはピアツウピア接続で接続されたネットワーク22を構成しており、グループ内でのクライアント相互の通信が可能と
- 10 されている。

- 本発明において使用することができるサーバ14としては、パーソナル・コンピュータ、またはワークステーションから構成することが可能であり、このパーソナル・コンピュータ、またはワークステーションとしては、PENTIUM(登録商標)
- 15 といったCPU、またはこれと互換性のあるCPUを搭載することが可能で、WINDOWS(登録商標)、WINDOWS(登録商標) NT(マイクロソフト・コーポレーション)、OS/2(商標：インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション)、AIX(商標：インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション)、ユニックス、リナックスといったオペレーティング・システムを動作させることが可能なパーソナル・コンピュータ、ワークステーションを挙げることができるが、これらのものに限定されるわけではない。
- 20

- また、本発明において使用することができるクライアント20としては、上述したサーバ14に適用することができるパーソナル・コンピュータ、またはワークステーションを挙げることができる。また、本発明を適用することができるだけの処理速度があれば、クライアント20は、ワイヤレス・ネットワークを介して接続されたノートブック型パーソナル・コンピュータや、PDAなどを含んで構成することができる。
- 25

図1に示した本発明のデジタル・コンテンツ配信システム10は、動画イメージ・データを複数のストリームへと分解し、1つのストリームをさらに複数のパケットへと分割して、サーバ14からパケットごとに所定のクライアント20へとソース・パケットとして送信する構成とされている。本発明においては、ストリームを構成するソース・パケットは、所与のグループに含まれる少なくとも1つのクライアントへと送信され、ソース・パケットを受信したクライアントが、所与のグループ内に含まれる他のクライアントへと、受信したソース・パケットのコピー（以下コピー・パケットとして参照する。）を送信する。コピー・パケットを受信した下流側クライアントは、所定の期間にわたりコピー・パケットを蓄積し、所定の期間経過後に、パケットに付されたたとえば連番として付されたパケット識別子を使用してストリームを再構成し、クライアントにおいてデジタル・コンテンツを表示または再生させる。すなわち、本発明においては、サーバ14は、1つのグループに対して重複したパケットをクライアントごとに送信すること無く、所定のグループに属するクライアントに対して同一のデジタル・コンテンツを提供することを可能とする。

B: デジタル・コンテンツ配信方法

以下さらに、本発明のデジタル・コンテンツ配信を実行するための方法について詳細に説明する。

< B-1 > 静的パス木構造のパケット単位での一時的選択に基づく動的ルーティング

本発明においては、上述したように、サーバ14から1つのグループに含まれる、たとえばm台のクライアントに対して、サーバ14をルートとし、ひとつのクライアント20aを中間ノードとして指定するパス木構造を構成する。図2には、本発明において構成されるパス木構造の概略を示す。図2に示されるように、構成された木構造のうちの1:1:(m-1)の木構造が、パケットの1つの送信パスを構成する。本明細書においては、説明の便宜上、パスは、サーバー中間ノードの第1段パスと、中間ノードクライアントの第2段パスの2段階で形成さ

れるものとし、2段を超えるリレーはないものとして説明する。

図2(a)に示されるように、サーバ14は、グループ内の1つのクライアント20aを中間ノードとして選択し、まず中間ノードとして選定されたクライアント20aに対してソース・パケットを送信する。ソース・パケットを受信した中間ノードとして機能するクライアント20aは、受信したパケットを、グループ内に含まれるクライアント20b～20dへと送信して、グループ内におけるパケットの共有を可能とする。また、本発明においては、中間ノードとされるクライアント20aは、図2(a)に示されているように1つとは限られず、各クライアントの実効スループットを、TCP/IPなどの接続指向のプロトコルのネットワーク12を介してサーバ14がモニタすることにより、動的に1つ、またはそれ以上のクライアントから選定することができる。本発明における中間ノードの選定については、より詳細に後述する。

図2(a)に示された各サーバ14から各クライアント20a～20dへのすべてのパス(木構造)を重ね合わせると、サーバ14から各クライアント20a～20dへと接続され、さらに所定のグループ内におけるクライアント間において双方向に接続する完全グラフを記述することができる。図2(b)には、図2(a)に示した特定の実施の形態において、サーバ14と、各クライアント20a～20eの間で形成される完全グラフの実施の形態を示す。図2(b)に示されるように、パケット単位のパスの選択は、完全グラフからの部分木構造(パス木構造)の選択であると考えることができる。本発明によれば、クライアントのスループットに応じてパスを柔軟に選択することが可能になるので、パス木構造において各クライアントは、他のクライアントの上流または下流へと動的に変更されることになる。

図2(b)に示した本発明の特定の実施の形態における完全グラフを参照して本発明を説明すると、まず、サーバ14からクライアント20a～20eのグループに向けて、1ストリーム分のソース・パケットを重複パケット無く送信する。各

- クライアント20a～20eは、重複なくストリームの一部を構成するソースパケットを受信する。その後、同じグループに属するクライアントは、不足するパケットを、コピー・パケットとして相互にコピーすることにより、1ストリームを再構成するためのパケットの不足分を補い、1ストリームを回復する。本発明においては、
- 5 上述したクライアントの機能を、ピアツウグループ (Peer-to-Group) 型の配信として参照する。なお、それぞれのパケットには、ストリーミングのプロトコルにしたがって、通し番号がパケット識別子として予め付されており、各クライアントにおいて、不足したパケットおよびストリームにおけるパケット順序を回復することができる構成とされている。このための方法としては、これまで知られたいかなる方法でも用いることができるが、具体的にはたとえば、Schulzrinne らにより開示された方法を採用することができる (H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, and V. Jacobson. RFC 1889: RTP: A Transport Protocol for real-time applications, January 1996.)。
- 10 図3には、上述したサーバ14からのソース・パケット送信およびグループ #1 におけるクライアントのコピー・パケット送信の処理を概略的に示す。図3に示すように、サーバ14において取得された動画イメージ・データは、ストリーミングされ、複数のパケットに分割されており、それぞれのソース・パケットには、たとえば、P1～P5のパケット識別子が付されている。図3に示したソース・パケット
- 20 のサイズは、本発明においては特に制限されるものではなく、いかなるサイズにでもすることができる。ソース・パケットP1～P5へと分割されたストリーム24は、たとえば、インターネット、または異なるドメインに帰属されるLANやWANといった第1のネットワークを介してグループ #1 へと送信される。
- 25 図3に示した特定の実施の形態においては、後述するように、各クライアント20a～20eは、ほぼ同様のスループットを有しているものとされており、クライアント20a～20eをそれぞれ中間ノードとして選択し、クライアント20a～20eへとソース・パケットP1～P5を1パケットずつ送信しているのが示されている。

- ここで、パケットP1を受信したクライアント20aの機能について詳細に説明する。各クライアント20a～20eには、グループ#1に帰属されるクライアントに対応するメンバー・リストが含まれていて、メンバー・リストを参照して、グループ内において、たとえばこれまで知られたいかなるプロトコル、たとえばTCP/IP、
- 5 UDP、プロミスキヤスモードといった通信プロトコルにしたがって、たとえば同報通信を実行することにより、コピー・パケットを他のクライアント20b～20eへと送信する。また、本発明においては、コピー・パケットの送信に際しては、より確実に他のクライアントのそれぞれのIPアドレスに宛ててコピー・パケットを、ソース・パケット到着後直ちに、あるいは一定の時間間隔をもって送信すること
- 10 もできる。本発明において使用することができる送信方法は、所定のグループを構成するクライアントの数、コスト、信頼性などを考慮して適宜選択することができる。他のクライアント20b～20eは、クライアント20aからのコピー・パケットを受信して、受信バッファへとコピー・パケットを蓄積する。同様のコピー・パケットの送信は、クライアント20a以外にも、他のクライアント20b～20e
- 15 も実行する。各クライアントは、たとえば1秒程度以下で、後続するストリームの処理に影響を与えないことが保証できる所定の期間だけ、受信バッファへとコピー・パケットを蓄積する。

- 所定の期間が経過した後、クライアント20aの受信バッファには、パケット識別子に対応して受信バッファ内のアドレスを指定する実施の形態は、たとえば「P1P2P3P4P5」の順で1ストリーム分のソース・パケットが蓄積されることになる。クライアント20aは、所定の期間の間に蓄積されたパケットおよびコピー・パケットをFECデコーダ、ソース・デコーダなどを用いて1ストリーム分の動画イメージ・データを、「P1P2P3P4P5」として再構成することが可能となる。
- 25 また、特に不都合が生じない限りにおいては、受信したパケットの順は、特に連番として蓄積するのではなく、受信した順に記録しておき、ソートして再構成することも可能である。

図4は、本発明において動的に中間ノードとなるクライアントが選択される場

合の実施の形態を示した図である。本発明においてはサーバ14と、クライアント20とは、TCPといった接続指向の接続を使用してネットワークが構築されている。図4(a)に示すように、サーバ14は、より詳細には後述するように、各クライアントへのスループットをモニタして、スループットの大きさに応じて、確率的にクライアントを選択する。かならずしも、スループット最大のクライアントが、常に選択されるわけではない。そして、選ばれたクライアント20bを、第1の中間ノードとし、第1のソース・パケットP1を送信する。また、サーバ14は、クライアントのスループット変化を、たとえば数秒以下程度の頻度で継続的にモニタして、動的にその時点においてオーバーヘッドの少ないクライアントから中間ノードを選択する。たとえば図4(b)に示した実施の形態においては、その時点でクライアント20dが最もオーバーヘッドが小さく、このため中間ノードとしてサーバ14により選択され、ソース・パケット、たとえばソース・パケットP3を受信しているのが示されている。

15 上述した構成を採用することにより、本発明によれば、サーバ14が重複したパケットを、グループ#1を構成するクライアント分だけ送信することなく、1ストリーム分だけのソース・パケットとして送信するだけでグループ#1のすべてのクライアントに対してデジタル・コンテンツを保持させることが可能となる。すなわち、本発明は、従来ではグループ#1に含まれるクライアントへと送信する際のサーバ14への負荷集中を、ネットワーク全体に対して分散させることを可能とし、サーバ14を含むネットワークの効率を向上させることを可能とすると共に、ネットワークにおけるトラフィックのスケラビリティを向上させることを可能とする。

25 < B-2 > ネットワーク・スケラビリティ

以下、本発明の構成における、サーバ14およびクライアント20の間における通信トラフィック量を検討する。本発明にしたがって、クライアント20aに対して送受信されるパケットのトラフィックを図5に示す。サーバ14から単位時間にnパケットが、各クライアントに対して均等に送信されるものと仮定する。n/

mのソース・パケットがサーバ14からクライアント20aへと送出され、クライアント20aは、サーバ14から送出されたソース・パケットを受信する。パケットを受信したクライアントは、受信したソース・パケットをm-1のクライアントにリレーする(コピー・パケットの配信)。クライアント20aは、同時に、他のクライアントからコピー・パケットを受取るが、これは、ネットワーク上で見れば、他のクライアントから送出されるパケットと同一なので、クライアント1台あたり単位時間に $(n/m + n/m \times (m-1) = n)$ パケットの通信が発生する。この通信トラフィック量は、従来のエッジ・サーバの構成を使用する従来例の場合と比べても、パケット数の増減はない。上述したパケットの送信量は、クライアントが、均等に選択されない場合でも成立する。

次に、各クライアントが単位時間に入出力処理する必要のあるパケットの数は、均等選択の場合で、サーバ14からは n/m 、他のクライアントからは、 $\{n/m \times (m-1)\}$ の、合計nパケットの入力と、 n/m のソース・パケットをクライアントにリレーする $\{n/m \times (m-1)\}$ パケットの出力なので、パケットの入出力処理数は、 $\{n \times (2m-1)/m\}$ [packets]で与えられる。したがって、最小($m=1$)でnパケット、最大($m \rightarrow \infty$)でも2nパケットを越えることはない。すなわち、クライアントの数が増大しても、各クライアントの負荷は2nパケット分の負荷に漸近するばかりで、それ以上になることはなく、各クライアントにおいて負荷のオーバーフロー問題は生じない。一方、サーバ14では、m台のクライアントのうち、パケットごとにクライアントひとつを選択する作業が必要となる。このクライアント選択処理は、クライアント数mに比例し、パケットの送信の数に関してはクライアントの数にまったく依存しない。したがって、クライアント数が増えた場合でも、本発明のデジタル・コンテンツ配信は、ネットワーク・スケーラビリティにおいて不都合は生じない。

次いで、均等選択とは対極の場合、すなわち、ただ一つのクライアントのみがサーバ14からすべてのソース・パケットを受取る場合も本発明においては想定される。この場合であっても、クライアントに対しての入力パケット数は、ス

トリー分であるがために従来の場合と変わらず、選択されたクライアントでn
ソース・パケットが入力される。また、ソース・パケットを受信したクライアントから
のコピー・パケットの出力は、そのクライアントにおいてのみ $n \times m$ のパケット数と
なる。この場合には、選択されたクライアントのみが負荷が増大することになる
5 もの、グループ内での同報通信量が増加するだけであり、サーバ14からグ
ループへのデジタル・コンテンツの配信には重大な問題は生じない。さらに、
本発明においては、上述した単一のクライアントのみにソースパケットが偏って
送信されないよう、できるだけ均等選択に近くなるように、動的にパス木構造
を選択することが好ましい。同時に動的にパス木構造を選択してネットワー
10 ク・システムを安定に保つための再構成を行うことも可能である。上述した動
的パス木構造の選択については、より詳細には後述する。なお、選択の不均
等性による送出パケットの局所的な増大を防ぐためには、コピー・パケットの
送信速度の制限および送信処理の制限時間を設け、それを過ぎたパケット
を破棄するなどして対応することが可能である。

15

< B-3 > Dynamic selection (dynamic optimizing)

本発明においてパス木構造は、クライアントのうち、どれか1つまたは複数を固
定して静的に利用するのではなく、動的に選択される。パス木構造の選択に
おいては、

- 20 (a) そのクライアントがパケットを受信する準備ができていること、
(b) サーバから見て round-trip time (RTT) の小さい、すなわち処理オーバ
ーヘッドの小さいクライアントを中間ノードとして選択するパスを優先させるこ
と、
(c) パケットのコピー・レートの高いクライアントを中間ノードに持つパスを優先
25 させること、
に基づき、パケットを送信するパス木構造を動的に構成する。

上述した(a)の条件の確認処理は、TCPなどの接続指向の接続を利用し
て実現可能である。また、(b)において説明したRTTの測定には、サーバ14

がソース・パケットを送出する場合に、例えばIPv4のフォーマットを使用して説明すると、送信パケットのIPヘッダ部分に時刻を記録しておき、ソース・パケットを受け取ったクライアントがIPヘッダ部のみをそのまま返送するなど、または別にアプリケーション・レベルで生成される独自ヘッダを使用して、独自ヘッダに時刻を記録し、この独自ヘッダをそのまま返信するなど、IPヘッダなどに記録された時刻とサーバが返送を受け取った時刻との差を利用する方法などを用いることができる。また、サーバ14がソース・パケットを送信した時刻を記憶しておき、クライアントからのレスポンス・パケットを受信して、レスポンス・パケットのIPヘッダの時刻を読み取って確認することもできる。

10

TCPを利用する場合には、その階層での再送処理にかかった分などを含めた時間、すなわちスループットがRTTに関連して観測される。なお、RTTの測定については、揺らぎを吸収するために、何回かの観測での平均を利用することもできる。

15

また、(c)において説明した条件であるコピー・レートは、中間クライアントから、その下流クライアントへパケットを送ることのできた成功率を利用する。コピー・レートが変動する原因は、TCPなどの接続指向のネットワークでは、中間クライアントが時間制限のためにパケットを破棄する、などの場合がある。クライアント間がUDPで接続されている場合には、下流クライアントへのパケットの到達率より、コピー・レートを計算する。

上述した条件を満たすために、本発明の特定の実施の形態においては、条件(a)を満たしたクライアントについて、所定の割合でソース・パケットが送信されるように選択する。図6には、本発明において動的にクライアントを中間ノードとして選定する場合の概略図を示す。図6に示されるように、サーバ14は、クライアント20eを中間ノードとして選定し、ソース・パケットを送信している。クライアント20eは、たとえばサーバ14からのデジタル・コンテンツ配信開始に対応して、その時点で最も早くレスポンスを返したクライアントとして選

定することができる。たとえば、クライアント20e以外のクライアントは、他の処理を実行しているか、所定のしきい値時間の間に応答をサーバ14へと返さなかった、またはクライアント20eよりもRTTがたとえば設定されたしきい値以上に遅かった、などの理由から中間ノードとして選定されていない。

5

図6に示される実施の形態では、クライアント20eは、サーバ14から見て十分な処理能力があるものと判断されて、ソース・パケットを受信する中間ノードとされている。ソース・パケットを受信したクライアント20eは、グループ#1内の他のクライアントへと、たとえば同報通信などを使用して、コピー・パケットを送

10 信する。

本発明においては、さらに、最もRTTが小さかったクライアントを中間ノードとして選択する他、下記に説明するように、クライアント間にRTTに関連して割り当て重みを付与することができる。たとえば、本発明において最も好まし

15 い実施の形態においては、採用することができる割り当て重みは、下記式に基づいて与えることができる。

$$\text{ソース・パケットの割り当て重み} \propto \frac{t_k r_k}{\sum_{i=1}^m t_i r_i},$$

t_k : スループット $\propto 1/\text{RTT}$

r_k : コピー・レート

20 上式中、 $t_k r_k$ は、実質的なスループット、すなわち単位時間でクライアントが処理できるパケットの数に比例する。したがって、この割り当て方法は、実効スループットを最大化する、すなわち、安定性を最大化することが目標関数になっている。なお、本発明においては、上記条件をソース・パケットごとに適用することができる。また、本発明においては、ソース・パケットの

25 り当て重みは、所定の時間間隔で定期的に更新することができる。各時点でパケットを受信できないクライアントは、パス選択の候補からすでに除外されているので、割り当て重みに誤差があったとしても、ソース・パケットが喪失するような重大な状況は起こらない。また、本発明の他の実施の形態においてはRTTのみを使用して実効スループットを判断することもできる。

<B-4>動的再構成

本発明はさらに、サーバが認識しているグループに対して新たなクライアントが追加された場合には、自動的に新たなクライアントの増加に対応することにより、ネットワーク構成の変化に対して柔軟に対応することを可能とする。

図7には、本発明においてグループ#1に対して新たにクライアントが追加された場合のサーバ14の処理を示す。図7に示されるように、グループ#1内に新たなクライアント20fが追加されると、クライアント20fは、たとえば他のクライアントから入手したサーバ14のIPアドレスを使用して、サーバ14に対して JOIN request を送信する。JOIN request には、新たに参加したクライアント20fの取得した、または割り当てられたIPアドレスなどのクライアント識別子を含ませることができる。

サーバ14は、JOIN request を受け取って、サーバ14内に保持され、宛先リストとして使用されるグループ#1のクライアント・リストへと当該クライアント20fのクライアント識別子を追加する。図7に示した実施の形態においては、グループ#1に含まれるクライアント20a～20dへと新規クライアントの追加を通知する、NEW MEMBER notification を、たとえば、グループ#1のIPアドレスに宛てた同報通信を使用して送出する。NEW MEMBER notification を受信したグループ#1内のクライアント20a～20cは、メンバー・リストを更新し、コピー・パケットの配信先として登録する。

次いで、サーバ14は、新規に参加したクライアント20fに対して接続が完了したことを示す CONNECT request を送信する。図7に示した実施の形態においては、CONNECT request には、サーバ14が保持するグループ#1を構成するクライアントのメンバーに対応する、クライアント識別子を含ませることができる。クライアント20fは、CONNECT request を受信して、メンバー・リストを更新する。なお、このためには、同一の出願人に帰属される、たとえば特願2

002-088702号に記載された自動IPアドレス取得方法を使用することができる。上述した特願2002-088702号に開示の自動IPアドレス取得方法を使用することができる場合には、すでにメンバー・リストが各クライアント20a~20fに保持されているため、サーバ14からの NEW MEMBER notification
5 の送信は必要とされなくとも良い。

サーバ14は、上述した処理の後、デジタル・コンテンツの配信を行うためのパス木構造において新たに参加したクライアント20fを含んだパスを判断することが可能となる。本発明の特定の実施の形態においては、クライアント20
10 fが参加した直後は、作成されているパス木構造の最下流にクライアント20fが追加され、他のクライアント20a~20cからコピー・パケットを取得する構成とすることができる。クライアント20fを含む新しいパス木構造は、RTTのモニタにおける所定の期間を経過した後のパス選択において構築される。

15 なお、本発明において、新たに参加したクライアント20fの性能は、初期段階では不明なので、たとえば下記式で示されるように、予め大きなRTTを初期値 (large value) として付与しておき、ソース・パケットを受信する頻度を下げておくことができる。この判断においては、過去の実績の重みを漸次低下させる、いわゆる忘却要素 (forgetting factor) を含ませた平均化を使用するこ
20 とができる。本発明においてはその後、新規参加のクライアントのいわゆる“実績”が明らかになった時点で本発明の動的構成方法を適用することが、ネットワークの安定性を確保する点では好ましく、また本発明の有効性をさらに向上させることができる。

25

図8には、新たに生成されたパス木新構造に基づいて新たに参加したクライアント20fに対して、サーバ14からソース・パケットが送信され、また他のクライアント20a~20cからコピー・パケットが、新たに参加したクライアント20fに対

して送信されているのが示されている。

また、本発明においては参加クライアントが離脱したときには、サーバ14は、接続指向のネットワークを介して、クライアントの離脱を知ることができる。なお、

5 クライアントの異常終了であっても離脱は検出できるが、ネットワーク・ケーブルが外れるなどのケースでは、タイムアウトするまでそれを検出できないという事象が発生する。本発明においては、タイムアウトが発生する場合でも、動的選択のルール(受信可否の確認)により、ソース・パケットがそのクライアントに向けて送られることはないので、他のクライアントが受け取るパケットが一斉

10 に失われるという不都合は発生しない。

参加クライアントの離脱を認識したサーバ14は、当該クライアントが中間ノードとされるパス木構造を直ちに破棄し、ソース・パケットの損失を防止する。グループ#1に残ったクライアントは、受信したソース・パケットをメンバー・リスト

15 にしたがって配信することもできるし、同報通信ベースでコピー・パケットを送信する場合には、グループ#1内の受信可能なクライアントすべてに向けてコピーパケットを送信することもできる。また、残されたクライアントは、離脱クライアントと自分との間の接続を解消することにより、パス木構造すべての最下流から、脱離クライアントを削除することができる。

20

また、離脱したクライアントに送ったソース・パケットのいくつかが、リレーされずに離脱とともに破棄されることがある。このような、クライアント離脱に伴うパケット喪失を防ぐためには、サーバ14が、各クライアントに送ったパケットについて時間的に新しいものをいくつか記録しておき、離脱クライアントが検出さ

25 れた時点で、それに送った分を、他のクライアントに再送する処理を用いることができる。

本発明においては、上述した構成を採用することにより、サーバおよびクライアントが、自動的にパス木構造の追加や削除、局所的な変更により、クライ

アント参加離脱によるグループの再編成を行い、また、最近送信したパケットを記録して必要に応じて再送することにより、突然の離脱に起因するパケット喪失を防ぐことを可能とする。

- 5 図9は、本発明において説明したクライアント20の構成を示した機能ブロック図である。クライアント20は、ネットワーク・インタフェース・カード(NIC)30を介して、第2のネットワーク22へと接続されている。クライアント20は、さらに、受信バッファ32と、メモリ34と、RAMといったメモリ36とを含んで構成されている。受信バッファ32は、受信したソース・パケットおよびコピー・パケットを、
10 動画イメージ・データのストリームを再構成するまでの間保持している。

- 本発明においては、受信バッファ32は、受信したパケットを受信するごとにパケット識別子に対応したアドレスに受信したパケットを書き込みを行う、リング・バッファとして構成することができる。また、クライアント20は、中央処理装置(CPU)36と、ソース・デコーダ38と、FECデコーダ40とを含んで構成され
15 ている。ただし、本発明においてはFECデコーダは、必ずしも必要ではない。CPU36は、クロックにより駆動されており、受信バッファ32において所定期間ごとに蓄積されたパケットを読み出してソース・デコーダ38およびFECデコーダ40へと送り、1ストリーム分の動画イメージ・データを再構成している。再
20 構成された1ストリーム分の動画イメージ・データは、ディスプレイ42へと表示または再生され、クライアントのユーザに対して提供される。

- ユーザに対して表示または再生された動画イメージ・データは、クライアント20から削除することもできるし、また、デジタル・コンテンツの開始から終了までの全ストリームをメモリ34に保持させておき、ハードディスク、光磁気ディスク、
25 磁気テープといった記憶装置44に記憶させておくこともできる。記憶装置44には、たとえばグループ#1を構成するクライアントを識別するためのクライアント識別子を含んで構成されたメンバー・リストも保持させることができる。メンバー・リストは、クライアントの起動時に記憶装置44からクライアントのメモリ36な

どに読み込まれ、常駐ファイルとして保持される。図9に示したクライアントが、ソース・パケットを受信した場合には、クライアント20は、メンバー・リストを参照してコピー・パケットを配信する宛先を指定する。また、クライアント20がコピー・パケットを、TCP/IPプロトコルにしたがい、たとえばIPv4のフォーマットで

5 宛先を abc.def.ghi.255 などとして同報通信する場合には、上述したメンバー・リストを直接参照する必要はない。

図10は、本発明のサーバ14の構成を示した図である。図10に示されたサーバ14は、ネットワーク12に対して、モデム、DSU、またはネットワーク・インタ

10 フェイス・カードといった通信手段46を介して接続されており、図示しないクライアントへとデジタル・コンテンツを配信している。以下、本発明のサーバ14の機能につき、デジタル・コンテンツの取り込みから順に説明する。

図10に示したサーバ14には、デジタル・ビデオカメラといった撮像手段48

15 が接続されており、デジタル・コンテンツとして配信することを希望する、たとえば、番組、講演会、挨拶、教育プログラムなどが、記録媒体にデジタルデータとして収録されている。収録されたデジタル・データは、適切なインタフェイスを介してサーバ14へと取り込まれ、たとえば記憶装置50に保持される。本発明におけるデジタル・データとしては、上述した動画イメージ・データを含む、マルチメディア・データとして構成することが好ましい。デジタル・コンテンツをクライアントへと送信する場合には、まず、CPU52が、記憶装置50からデジタル・コンテンツを読み出し、読み出されたデジタル・コンテンツをソース・エンコーダ54およびFECエンコーダ56へと送る。デジタル・データを受信したソース・エンコーダ54およびFECエンコーダ56は、デジタル・データに

20 対してストリーミング処理を施し、さらに1ストリームを所定のサイズのパケット、たとえばパケットP1～P5に分割する。生成されたパケットP1～P5は、通信手段46を介して、たとえばグループ#1へとデジタル・コンテンツを配信する。

25

サーバ14とクライアント20との間には、接続指向のネットワーク・プロトコルが

確立されているので、すでにRTTがモニタされ、少なくともRTTに応じた重みが割り当てられており、割り当て重みに対応してクライアントが中間ノードとして選択されている。サーバ14は、選択された中間ノードとしてのクライアントに対して、ソース・パケットを送信し、デジタル・コンテンツの配信を実行する。

- 5 図11には、本発明において使用することができるソース・パケット58の実施の形態の構成を、IPヘッダを使用して示した場合につき説明する。図11(a)に示すように、サーバ14から送信されるソース・パケット58には、たとえばIPヘッダ58aを含んで構成され、IPヘッダ58aは、送信元アドレスや、宛先アドレス58bを含んで構成されている。さらに、ソース・パケット58は、配信を行うデジタル・データの
- 10 データの packets 58c と、連番として付されたパケット識別子 58d、たとえば P1 と、ソース・パケットを送信した送信時刻 58e などが含まれている。本発明においては、上述した packets 58c と、パケット識別子 58d と、送信時刻 58e とを、アプリケーション・レベルで作成する独自パケットとして構成することができる。また、IPヘッダ 58a には、IPバージョン情報と、送信元 IP アドレスなどが含まれていて、クライアントからの返信に基づいて、サーバ14がRTTを判断
- 15 することができる構成とされている。図11(a)に示したソース・パケット58をクライアントへと送信する際には、サーバ14は、ソース・パケット、たとえば P1 を送信した時刻をタイマなどによりモニタしておくこともできる。

- 20 ソース・パケット P1 を受信したクライアントからのレスポンス・パケットは、ネットワーク12を介してサーバ14へと返信され、サーバ14内の適切な記憶部にいったん蓄積されて、クライアントがレスポンス・パケットを送信した時間を、たとえばレスポンス・パケットに付された送信時刻などに記録された時刻から読み出す。図11(b)には、クライアントからのレスポンス・パケット60の構成の実施
- 25 の形態を示す。図11(b)に示されるように、レスポンス・パケット60は、IPヘッダ60aを含み、このIPヘッダ60aは、上述したように送信元アドレスや、宛先アドレス60bを含んでいる。さらにレスポンス・パケット60は、受信したデジタル・データの packets 60c と、レスポンス・パケット60をクライアントが発行した時刻 60d と、ソース・パケット P1 を送信した packets の送信時刻 58e とを

含んで構成されている。IPヘッダ60aには、クライアントがレスポンス・パケット60を送信した時刻や、送信元クライアントの送信元IPアドレスなどが記録されている。

5 本発明においては、サーバ14がレスポンス・パケット60を受信すると、ソース・パケット58と、レスポンス・パケット60とに共通して含まれる識別子、図11に示した実施の形態では、パケット識別子のP1を使用してソース・パケット54の受信に対応したレスポンス・パケットであることを判断し、本発明の特定の
10 実施の形態においては、送信時刻58eと、発行時刻60eとを使用してRTTを算出し、 $1/RTT$ およびコピー・レートとを使用してクライアントの実効スループットを判断する。判断された実効スループットは、たとえば一定期間平均化された後、図12に示すクライアント・リストを更新するために使用される。また、本発明の他の実施の形態においては、IPヘッダに時刻が記録されている場合には、IPヘッダに記録された時刻を直接用いることもできる。

15

図12は、本発明においてサーバ14が使用するクライアント・リスト62の実施の形態を示した図である。図12に示したクライアント・リスト62は、サーバ14がデジタル・コンテンツを配信する際に登録されているグループ識別子62aと、所与のグループに含まれるクライアントのクライアント・アドレス62bと、所定期
20 間平均された実効スループット62cとを含んで構成されている。グループ識別子62aは、たとえばデジタル・コンテンツの配信を行う場合に、テレビ放送局、衛星放送局、イベント・プロバイダといったコンテンツ・プロバイダが、ユーザからの登録などにより作成することができる。また、特にコンテンツ・プロバイダではなく、サーバ14が企業、行政機関、法務機関、立法機関、教育機関、図
25 書館などのイントラネットを介してデジタル・コンテンツを配信する場合には、各企業または機関のグループごとに割り当てられている、たとえばIPアドレスなどを使用することができる。

また、クライアント・アドレス62bは、本発明の特定の実施の形態においては、

特定のグループに割り当てられたIPアドレスなどを使用することができる。図12に示された実効スループット62cは、上述した割り当て重み付けのために使用される本発明における本質的なパラメータである。本発明においては、上述した重み付けは、不必要な変動を防止してパス木構造の安定化を行いネットワークの安定性・信頼性を確保すると共に、クライアントの脱離や、参加、または処理状況に応じたオーバーヘッドの変動に対して柔軟に対応するべく、たとえば1秒程度の時間間隔に渡って平均化され、実効スループットとして定期的に更新されている。図12に示した実効スループット62cは、たとえばグループ#1に含まれるクライアント20a~20eに対応した値が、#1Ta~#1Teとして示されている。

ここで、たとえば中間ノードとして#1Tbと、#1Tcとが選択され、割り当て重みが3:2であるものと仮定すると、図13に示したパス木構造が、サーバ14において形成される。サーバ14は、クライアント20bとクライアント20cに対して、重み付けに応じてたとえばソース・パケットP1~P3までをクライアント20bに送信し、クライアント20cに、ソース・パケットP4, P5を送信する。送信されたソース・パケットは、中間ノードとして選択されたクライアント20b、20cから、グループ#1に含まれる他のクライアントへとコピー・パケットcP1~cP5として送信され、それぞれのクライアントの受信バッファに蓄積され、所定の時間蓄積された後、1ストリーム分を再構成するために使用される。なお、本発明の他の実施の形態においては、送信されるソース・パケットの数を他のいかなる比として中間ノードへと送信することもできる。

C: デジタル・コンテンツ配信システムの他の実施の形態

図14は、本発明のデジタル・コンテンツ配信システムの第2の実施の形態を示した図である。図14に示したデジタル・コンテンツ配信システムは、デジタル・コンテンツを生成するためのソース・サーバ64と、ソース・サーバ64に保持され、ストリーミング処理が施されたデジタル・データを抽出して保持するドレイン・サーバ66と、ネットワーク12を介して接続されたグループG#1、G

#2、G#3とを含んで構成されている。各グループに含まれたクライアントは、本発明にしたがって中間ノードとして選択され、デジタル・コンテンツのグループ内における配信を行う構成とされている。

- 5 図15は、図14に示したソース・サーバ64およびクライアントの構成を示したブロック図である。図15(a)に示すように、ソース・サーバでは、生成されたデジタル・データからソース・デコーダ64aおよびFECエンコーダ64bとを使用してストリーミングされたデジタル・コンテンツを生成する。生成されたパケットは、ドレイン・サーバ66へと送信され、ドレイン・サーバ66において本発明に
- 10 必要なn個のソース・パケットに編集され、ネットワーク12を介してクライアントへと送信を行っている。また、図15(b)には、クライアント側の構成および処理が示されている。クライアント20は、コピー・パケットを受信し、所定の期間蓄積した後、FECデコーダ38およびソース・デコーダ40を使用して1ストリーム分のデジタル・コンテンツを再構成し、ユーザに提供している。同時に中
- 15 間ノードとして選択されたクライアント20aは、受信したソース・パケットをコピーしてコピー・パケットとして他のクライアントへと送信している。

D: デジタル・コンテンツ配信におけるソース・パケット通信プロトコル

- 20 図16は、本発明のサーバと、クライアントとの間のソース・パケットの通信を、時系列的に示した図である。サーバから送り出されるソース・パケットは、一定のインターバルでいずれかのクライアントに向けて送出される。パケットを受け取ったクライアントは、サーバに、レスポンス・パケット Ack(acknowledgenmt)を返す。クライアントは、定期的(たとえば1秒おき)に、コピーの成功率(コピー・
- 25 レート)をサーバに報告する構成とされている。上述したように、パケットを送り出した時刻から、サーバがAckを受け取るまでの時間をRTT(Round-Trip Time)としてバス木構造における中間ノードの、割り当て重みを決定するために用いられる。

図17は、本発明において中間ノードとして選択されたクライアント間におけるソース・パケットおよびコピー・パケットの送信を各クライアントおよびサーバの間において時系列的に示した図である。サーバからソース・パケットP1およびP2を受け取ったクライアントaは、同一グループのクライアントbにパケットP1およびP2のコピー・パケット#1および#2を送信する。そのコピーの成功率(コピー・レート)は、定期的にサーバに報告される。また、サーバは、パケットP3をクライアントbへと送り、クライアントbが、コピーパケット#3をクライアントaへと送信している。クライアントaは、この時点でパケットP1~P3を受信バッファ内に保持しており、順次上述したプロセスが繰り返されて、1ストリーム分のパケットとが蓄積される。

図18は、本発明のクライアントの処理を示したフローチャートである。中間ノードとして選択されたクライアントは、常時ソース・パケットの着信を待機する状態とされており、ステップS100において、パケットの着信をモニタしている。パケットが着信すると、ステップS102においてパケット識別子から受信バッファにおける格納位置を計算する。ステップS104においてバッファ該当位置が空か否かを判断し、空の場合(yes)には、まだ該当する番号のパケットが着信していないので、ステップS112において受信バッファの該当する位置に着信したパケットを書き込む。次いで、ステップS114において、受信したパケットがソース・パケットか否かを、例えばソース・パケットの着信を、IPヘッダに含まれる送信元アドレスを使用して判断する。ソース・パケットが着信した場合(yes)には、ステップS116へと進みグループ内の他のクライアントに対して送信を行うためにコピー処理の予約を行う。コピー処理の予約は、例えば受信したパケットのコピーを適切なFIFOバッファに対して登録するなどして行うことができる。コピー処理の予約を終了すると、ステップS100へと戻り、パケットの着信を待機する。

一方で、ステップS104の判断において対応するバッファ・アドレスが空でない場合(no)には、すでに当該パケット識別子のパケットが着信しているので、

ステップS106において、当該識別子のパケットがコピー処理に予約されているか否かを判断する。予約登録されている場合 (yes) には、上書きしてソース・パケットを消去してしまうことになるので、ステップS108において予約登録を削除し、ステップS110においてコピー失敗カウンタをインクリメントし、ステップS112において該当するバッファ位置にその時点で受信しているパケットを上書きする。これは、クライアント側が、ソース・パケットのコピーを送信する前に後続するパケットが到着することに対応し、パケットの消滅に該当する。ステップS106の判断において、コピー処理に予約登録されていない場合 (no) には、ステップS112へと進んで、コピー・パケットなので該当するバッファ・アドレスにパケットを上書きし、ステップS114～ステップS100の処理を繰り返す。

図19(a)は、本発明におけるコピー処理のフローチャートを示した図である。図19に示したコピー処理は、ステップS120において、コピー処理を必要とするソース・パケットが登録されるまで待機する。ソース・パケットが登録されると、ステップS122において登録されたパケット、例えば説明している実施の形態においてFIFOバッファを使用して登録している場合には、先に登録されたパケットを選択し、ステップS124において他のクライアントへとコピー・パケットとして同報通信するか、または宛先IPアドレスを参照して他のクライアントに個別に送信する。その後、ステップS128においてコピー成功カウンタをインクリメントし、ステップS120へと戻って待機する。上述したコピー成功カウンタの(コピー成功カウンタ+コピー失敗カウンタ)に対する割合は、コピー・レートとしてサーバへと送信され、低すぎる場合には、再度1ストリーム分のパケットを送信し直すなどの処理により失われたパケットにより生じるデジタル・コンテンツ配信における不都合を防止することができる構成とされている。

図19(b)は、予期せぬクライアントの脱離が発生した場合や、該当するクライアントに重大な障害があることを検出した場合のサーバの処理を示したフローチャートである。サーバは、ステップS130において、RTTおよびコピー・レートを介して常にクライアントの実効スループットをモニタしており、例えば所定の

しきい値時間の間にレスポンス・パケットを受信しない場合には、クライアントが脱離または障害が発生したものと判断する。サーバは、その後ステップS132へと進み、該当するクライアントに対して送信したソース・パケットのうち、所定のしきい値に相当する期間内に送信したソース・パケットを選択し、サーバの送出ソース・パケット・リストの先頭に再度登録し、他のクライアントへと再度登録されたソース・パケットを送信することで、ソース・パケットの消滅を防止する構成とされている。

図20は、本発明のデジタル・コンテンツ配信システムのより具体的な他の実施の形態を示した図である。図20に示した実施の形態は、具体的には、本発明を事業所内イントラネットを使った、講演会などの社内放送に対して適用する場合の実施の形態である。図20に示した実施の形態においては、事業所内のイントラネットは、各セクションに配置されるエンド・ルータ70を、イーサネット(登録商標)またはファイバチャネルなどのネットワーク72によりより、バックボーン・ルータ74を使用して接続する構成である。エンド・ルータ70の下には、例えば100台程度のパーソナル・コンピュータから構成されたクライアント20が、ピアツウピア接続されて、第2のネットワーク76を構成している。図20において説明する実施の形態においては、クライアント20は、ネットワーク全体で約3000台規模のネットワークを構成している。図20に示した構成でたとえばサーバ78がパケットを全クライアントに送信したものとすると、バックボーン・ルータ74として例えば1Gbpsのバンド幅のバックボーン・ルータを使用しても、8Mbpsの送信速度を必要とする動画イメージ・データのスムーズな送信はできず、例えばデジタル・バーサタイル・ディスク(DVD)程度でのデジタル・コンテンツの配信は、従来の方法では不可能である。本発明のパケット重複回避を用いない場合には、クライアント100台の場合であっても、ユーザは、リアルタイムにデジタル・コンテンツの配信をうけることができない。

このシステム対して、本発明を適用することにより、クライアント20は、例えば100Mbpsのイーサネット(登録商標)でクライアントが、同一のスイッチング・

ハブにより第2のネットワークを形成しているものとすれば、クライアント間のピア
ツウピア接続による通信速度は、40～50Mbpsのスループットが期待される
ので、例えばMPEG4において8Mbpsの送受信に問題はない。一方、クライ
アントが異なるエンド・ルータに接続している場合には、異なるグループに分け
5 たほうが効率的となる。ただし、その場合、サーバ78は、グループの数だけスト
リームを送信することになる。100台のPCを配下に接続するエンド・ルータが
30台ある場合には、各エンド・ルータごとにグループを割り当てることができる。

10 この場合には、バックボーン・ルータ74に直接接続しているサーバ78からは
30ストリーム分を240Mbpsの消費で送信することになる。図20に示した実
施の形態においては、エンド・ルータ70の下でグループ化されるパーソナル・
コンピュータは、クライアント20として、講演会の映像や音声受信に、常時参
加でき、また離脱できる。また、相対的にパフォーマンスの低いクライアントは、
15 パケット送信におけるバス木構造の下流側へと常時配置され、他のクライ
アントへの悪影響を回避することができる。なお、このときサーバは、3000台の
クライアントをバスの選択対象として管理することになるが、1台のサーバで充
分にデジタル・コンテンツのリアルタイム配信を行うことが可能であった。

20 図21は、本発明の具体的なさらに他の実施の形態を示した図であり、イン
ターネット上に配置されたサーバ14からの、複数クライアント20でデジタル・
コンテンツを同時に受信する実施の形態を、本発明にしたがって実行するも
のである。図21に示した実施の形態においては、インターネットが第1のネット
ワーク12を形成し、第2のネットワーク22は、例えばルータ16を介してインタ
25 ーネットへと接続されたイントラネットに相当する。インターネットから見れば、
事業所内のイントラネットはバンド幅が広く、スループットの揺らぎの小さい、よ
く管理されたネットワークといえる。インターネットにサーバ14が配置された場
合、イントラネットに属するクライアントでグループを構成すれば、インターネット
上でのパケット重複を防ぎ、また、特別なエッジ・サーバなしで、たとえば1Mb

psの動画イメージ・データ映像の同時受信ができる。図21に示した場合には、クライアントに対して要求される通信速度は、2Mbpsの性能があればよいことが確認できた。

- 5 図22は、ワイヤレス・ネットワーク上のサーバに対して、負荷軽減を可能とする、本発明のさらに別の実施の形態を示した図である。図22に示した本発明の実施の形態では、サーバ14での処理は、グループの数に応じたストリームの送信とバスの動的選択だけなので、従来の比較してサーバに対して加えられるオーバーヘッドは、小さくてすむことになる。たとえば、MPEG2、MPEG
- 10 4の再生の方がCPU資源を非常に多く必要とするので、サーバ14よりクライアント20の方に負担が大きくなることもある。また、サーバ14からクライアント20で構成するグループまでは、1ストリームだけの送信なので、ワイヤレス・ネットワーク上に配置され、かつCPU資源の小さいサーバ14からでも、ワイヤレス・ネットワークで接続されたイントラネット上に位置する複数クライアントに向けて、たとえば384kbpsでMPEG4のストリームを同時配信することが可能となる。
- 15

E: デジタル・コンテンツ配信を行う疑似トンネル配信を実行するデジタル・コンテンツ配信システム

- 20 図23には、本発明において疑似的トンネル配信を行うことを可能とするデジタル・コンテンツ配信システムを示す。図23に示したデジタル・コンテンツ配信システム80は、デジタル・コンテンツを、送信者から受け取って保持するためのサーバ82と、複数のクライアント86を含んで構成されるグループ84a～84cに帰属されたクライアント86とを含んで構成されている。サーバ82と、
- 25 グループ84a～84cとは、ルータ88を介してインターネットといった第1のネットワークにより相互接続されている。また、グループに帰属されるクライアント86は、それぞれグループ内において構成されたLANにより相互接続されていて、データ共有および情報通信が可能とされている。なお、図23に示すグループの数は、本発明においては図面に示した数に制限されることはなく、またクラ

クライアントの数についても図面に示した数に制限されるものではない。また、当業者によれば周知であるように、グループには、プリンタ・サーバ、メール・サーバといった各種のサーバが接続されていても良い。各グループは、複数がより大きな大域グループG1を構成しており、同様の構成の大域グループG2、G3が第1のネットワーク12に接続されている。なお、G2、G3に対してもサーバ82からデジタル・コンテンツを配信することができるが、それぞれ異なるサーバを使用することもできる。

図23に示したコンテンツ配信システム80の機能を詳細に説明すると、まず、サーバ82は、配信すべきデジタル・コンテンツをプロバイダが管理する送信者サーバから受信することにより、またはプロバイダがサーバ82に動画またはファイル形式で入力することにより、デジタル・コンテンツを、ハードディスクといった記憶手段90に保持させる。また、サーバ82に直接ビデオカメラからマルチメディア・データを入力する場合には、サーバ82が含む図示しない適切なバッファ・メモリなどにデジタル・コンテンツを保持させる。

保持されたデジタル・コンテンツは、サーバ82においてストリーミング処理が施され、複数のセグメントへと分割され、ソース・パケットとして生成される。生成されたソース・パケットは、本発明の方法にしたがって実行スループットなどを使用して選定されるクライアント86へと送信される。クライアント86は、ソース・パケットを受信すると、図23に示されるようにグループ内においてソース・パケットのコピーまたはグループ間におけるパケットのコピーを実行することにより、大域グループ全体においてデジタル・コンテンツの共有を可能とさせている。

また、クライアント86は、デジタル・コンテンツを再生するための、例えばウィンドウズ・マルチメディア・プレーヤ(商標)といったアプリケーションを含んでいて、各クライアント86のバッファ・メモリに蓄積されたデジタル・コンテンツ分ごとに再生処理を実行して、ユーザに対してデジタル・コンテンツの提供を可

能とさせている。図 23 に示した実施の形態においては、アプリケーションは、各クライアントに含まれ、また、デジタル・コンテンツもクライアント 86 ごとに蓄積されるものとされている。本発明においては、疑似トンネル配信は、サーバ 82 においてグループ内、またはグループ間でのパケット・コピーを実行させるデータをソース・パケットに記述することにより実行することができる。また、さらに

5 別の実施の形態では、クライアントにクライアント・リストから選択されるコピー先リストを記憶させておき、ソース・パケットの受信を判断して、コピー先リストを参照して、コピー・パケットを送信することも可能である。

10 図 24 には、本発明において、疑似トンネル配信を実行するために生成されるソース・パケットの実施の形態を示す。図 24 (a) に示したソース・パケット 92 は、送信時刻記述領域 92a と、ソース・パケットに付されたパケット識別子記述領域 92b と、グループ内のコピーを実行するか、またはグループ間でパケットのコピーを実行する行うかを指示するコピー指示フラグ領域 92c、92d と、

15 デジタル・コンテンツの実体的データから構成されるデータ・パケット記述領域 92e を含んで構成されている。

送信時刻記述領域 92a は、サーバがパケットを最初に送出した時刻を、クライアントおよびサーバが認識できる任意の形式とすることができる。送信時刻記述領域 92a は、サーバ 82 が各パケットを送信するクライアントを決定するためにクライアントの反応時間、すなわち実行スループットを測定する場合に利用される。また、パケット識別子記述領域 92b は、サーバ 82 が送出したソース・パケット付された連番を記録する領域であり、ソース・パケットの時系列的順番をクライアントが再構成する場合に利用される。

25

コピー指示フラグ領域 92c は、グループ内のコピーを行うべきかの真偽フラグが記述された領域であり、クライアントは、受信したパケットのこの領域のフラグが真であるパケットについて、グループ内のクライアントすべてにそのコピーを送信する処理を実行する。コピー指示フラグ領域 92d は、グループ間のコピ

ーを行うべきかの真偽フラグが記述された領域であり、クライアントは、このフラグが真であるパケットを、大域グループ内の他グループそれぞれのうちのクライアントの一つに送信する処理を実行する。

- 5 データ・パケット記述領域92dは、サーバ82が送信し、クライアント86が再生すべきデジタル・コンテンツの実体的なデータが記述された領域である。なお、本発明においては、これらの要素の前後や間に他の付加的な要素を加えてもよいし、要素の順序を入れ替えてもよい。また、場合によっては一部の要素を省略してもよい。またソース・パケット92は、図示しないものの、図11
- 10 に示されるように、ソース・パケット92を送信する際の宛先を指定する宛先IPアドレス、送信元IPアドレスを含んで構成されている。

- 図24(b)には、本発明のコンテンツ配信サーバ82において生成されるソース・パケットの第2の実施の形態を示す。図24(b)に示した実施の形態では、
- 15 ソース・パケット自体にパケットのコピーを送信すべきクライアントのリストを含ませ、より詳細に配信先を指定する実施の形態である。この場合、サーバ82は、サーバ自体が保持するクライアント・リストを参照して、送信すべき相手のリストをソース・パケット92へと記述する。また、図24(b)に示されたソース・パケット92は、送信時刻記述領域92aと、パケット識別子記述領域92bとを含んでおり、これらは図24(a)で説明したと同様の機能をクライアントに対して実行させる機能を有する。また、図24(b)に示したソース・パケット92には、
- 20 サーバ82により指定されたコピー先を指定するコピー指示データ領域92fが設けられている。クライアントは、ソース・パケットを受信したと判断すると、コピー指示データ領域92fを読み出し、以下に記載する処理を実行する。

25

コピー指示データ領域92fに記述された値 N_{dest} は、コピーを送信すべき相手のリスト長を指定し、値 $Dest1 \sim DestN$ は、コピー・パケットを送信すべきクライアントを指定するIPアドレスなどのクライアント識別子を使用することができる。例えば、コピー指示データ領域92fに自分のグループが指定されて

いれば、クライアントはグループ内のクライアントのみにそのコピーを送信する。一方で、コピー指示データ領域92fに他のグループに送信することを指名する値、例えば他のグループに対応するIPアドレスなどが指定されていれば、クライアントは、指定されたグループのクライアントにそのコピーを送信する。データ・パケット記述領域92eについては、図24(a)において説明したと同様である。

図24(c)は、本発明において使用するソース・パケット92の第3の実施の形態を示した図である。図24(c)に示した実施の形態は、コピー・パケットの送り先が最初から自明でパケットにはそれを記述する必要がない場合である。この場合には、クライアントは予めコピー先を、メモリまたはハードディスクといった記憶手段に記憶されたクライアント・リストから選択し、他のクライアントとは重複しない範囲で割り当てられたアドレス範囲のアドレスを有する他のグループのクライアントを選択して、コピー先リストを作成することができる。また、図24(c)の実施の形態においてグループ内においてコピー・パケットを配信する場合には、グループ内で同報通信を実行させることにより、配信を行うことができる。さらに他の実施の形態では、クライアントが各パケットについて、グループ内の他のクライアントにそのコピーを送信し、また大域グループ内の他のグループそれぞれに帰属されるクライアントの一つに受信したソース・パケットのコピーを送信するようにあらかじめ決めておくこともできる。この実施の形態において使用することができる図24(c)に示したソース・パケットには、送信時刻記述領域92aと、パケット識別子記述領域92bと、データ・パケット記述領域92eとから構成され、コピー・パケットの配信先は含まれていない。クライアントは、上述したように、コピー先リストまたは予め指定されたクライアントに対してコピー・パケットを配信する。

図25は、本発明の疑似的トンネル配信のサーバが実行するプロセスを示したフローチャートである。本発明の疑似トンネル配信は、ステップS130においてサーバが、グループに新たなクライアントが参加したか否かを、クライアントか

ら送信される通知 (Join request) をモニタして判断する。サーバが、新規に参加するクライアントを見出した場合 (yes) には、サーバは、ステップ S132 において新規に参加するクライアントの実行スループットにつき、予め小さめの値を割り当て、以後の実績を考慮しながらいきなり新規参加のクライアントに大量のソース・パケットが送信されるのを防止する。ついでステップ S134 で、サーバは、クライアント・リストに当該クライアントを追加し、デジタル・コンテンツを配信することを可能とする。ここで、クライアントの識別は、クライアントに割り当てられた識別子、例えば IP アドレス、クライアントに任意に付されたクライアント名称などにより行うことができる。ステップ S136 においてサーバは、新たなクライアントが大域グループに参加したことおよびその IP アドレスなどの識別子を大域グループ内の新規参加したクライアントを含む、すべてのクライアントに通知する。この通知を受けたクライアントは、新たなリストをハードディスクまたは適切なメモリに格納する。この場合の通信は、本発明の疑似トンネル配信を使用して実行することもできるし、送信するデータ量がマルチメディア・データ、画像データなどと比較して比較的小さいため、これまで知られたいかなる方法を使用して送信することができる。上述したプロセスにより、サーバと、クライアントとは、最新の同一のクライアント・リストを保有することが可能となる。

図 26 は、デジタル・コンテンツの配信を行う処理の、サーバとクライアントとのプロセスを示した図である。プロバイダがデジタル・コンテンツの配信を行うようにサーバに対して指令すると、ステップ S140 において、サーバは、クライアント・リストを参照し、最も実行スループットの大きな、またはラウンド・トリップ・タイム (RTT) の最も小さなクライアントを選択して、第 1 のソース・パケットを当該クライアントの IP アドレスなどを参照して送信する。この場合、本発明の疑似トンネル配信方法の最も単純な実施の形態では、同一のソース・パケットは、大域グループに属するただ 1 つのクライアントへと配信される。

クライアントは、ステップ S142 でパケットを受信し、ステップ S144 で受信した

パケットがサーバからのソース・パケットか否かを判断する。ソース・パケットの判断は、例えば、ソース・パケットに含まれる送信元アドレス、コピー指示フラグ、コピー指示データ領域が含まれているか否かなどを使用して判断することができる。また、本発明においてソース・パケットのコピーは、コピー・パケットであることが判断できる限り、いかなる形式でも作成することができる。また、最も普遍的に利用することができるソース・パケットの判断は、通常サーバに割り当てられたIPアドレスは固定IPアドレスとされるので、パケットにおける送信元IPアドレスを使用して行うことができる。ステップS144の判断においてソース・パケットであると判断した場合 (yes) には、クライアントは、ステップS146においてソース・パケットに記述された配信先、または図24(c)に示されたソース・パケットを使用する実施の形態の場合には、コピー先リストを参照するなどして予め登録されている配信先へとソース・パケットのコピーを送信する。この場合、コピー・パケットの送信は、2つのプロセスを含んで実行される。すなわち、(i) ソース・パケットを受信したクライアントが所属するグループに属するクライアントすべてにコピー・パケットを送信する、(ii) ソース・パケットを受信したクライアントが所属しないグループそれぞれに対して、そのグループ内のクライアントの一つを選んでこのパケットのコピーを送信する。この選択については、予め設定しておくこともできるし、また送信すべきクライアントのRTTを適切な基準および手法モニタしておき、コンテンツ配信サーバと同様にレスポンス・タイムの小さいものを動的に選択して送信することもできる。

ステップS144の判断において、受信したパケットがソース・パケットではないと判断した場合 (no) には、受信したクライアントが格納すべきパケットなので、ステップS148においてクライアントは、受信したコピー・パケットをリング・バッファなどに蓄積し、デジタルコンテンツの再生のための処理を開始し、ステップS142へと戻って次のパケットの処理を繰り返す。

図27は、上述したサーバとクライアントとの間のパケット送受信の処理を簡略化して示した図である。図27に示されるように、クライアントaは、Gで示され

た大域グループを構成するグループSG@yi@zに属し、大域グループGには、グループSG@y1@z~SG@ym@z($1 \leq i \leq m$)のグループが存在する。クライアントaは、サーバ82から受信したソース・パケットのコピーを、グループSG@yi@zに属する全クライアントおよび他の(m-1)のグループそれぞれの一つのクライアントbへと送信する。

図26および図27に示した方法により、大域グループGに含まれるクライアントは、サーバ82および他のグループのクライアントおよび同一グループ内のクライアントからパケットを受信することが可能となる。この結果、サーバは、デジタル・コンテンツを再構成させるための最小限の単位であるソース・パケットを、従来のトンネルをグループごとに構成して送信する場合のように、デジタル・コンテンツの重複した送信を行うことなく、すべてのクライアントに対してデジタル・コンテンツを再構成させるためのすべてのパケットを配信することができる。さらに、本発明の疑似トンネル配信では、ソース・パケットは重複して送信されないので、クライアントにおけるパケットの重複は完全に回避することが可能となり、クライアントにおけるパケットの重複およびそれに伴う重複パケットの処理の問題を生じさせず、スムーズなデジタル・コンテンツの配信を行うことを可能とする。

また、クライアントは、ソース・パケットおよびコピー・パケットの所定量をリング・バッファに蓄積した後、これらのパケットをアプリケーションへと提供してデジタル・コンテンツをユーザに提供する。

本発明の疑似トンネル配信では、サーバ、グループ、クライアントのすべてについて通信帯域幅を圧迫しないでデジタル・コンテンツの配信を可能とする。サーバから大域グループに対して送信するパケットは1セット分であり、グループごとに見ると、受信パケットはソース・パケットおよびコピー・パケットを含めて1セット分であり、また送信パケットは、グループ単位で平均1セット分以下となる。クライアントごとに見ても、同様に受信パケットは1セット分、送信パケット

は平均1セット分以下になる。ここで、大域グループに含まれる全クライアントの数を改めて m 個として定義し、 M を、大域グループを構成するグループの数として定義する。この場合グループ間でクライアントの接続数が概ね等しいものとすれば、クライアントは、統計的に見て1セットの $1/m$ のソース・パケットを受信し、受信したソース・パケットを、グループ内の $(m/M-1)$ のクライアントにコピーし、さらに $(M-1)$ の他のグループに配信する。ここで、クライアント1つについてパケットの送受信量を概略的に算出すると、下記式

$$((m/M - 1) + (M-1)) / m = (m + M^2 - 2M) / mM$$

10

が得られる。上記式中、 $mM - (m + M^2 - 2M) = (m-M)(M-2) + m > 0$ なので、

$$(m + M^2 - 2M) / mM < 1$$

15

となることが示される。

また本発明によれば、一部のクライアントが参加離脱したり、または何らかの理由で異常終了しても、残りのクライアントは正常に受信を続けることができる。本発明では、サーバとグループとの間に複数のトンネルを提供するのではなく、サーバと、多数の分散したクライアントの間においてピアツウグループ型のトンネルを提供することでシステム全体に対してロバスト性を付与することが可能となる。

25 なお、上述した実施の形態では、クライアントは、デジタル・コンテンツとデジタル・コンテンツを再生するアプリケーションとを対として保持しているものとして説明した。本発明においては、クライアントとアプリケーションとは、を同一のコンピュータ上で稼動させることもできるが、より詳細には後述するように、アプリケーションがデジタル・コンテンツを共有することもでき、上述した実施の

形態に限定されるものではない。また、本発明においては、デジタル・コンテンツを生成するサーバと、ストリーミング処理を施してソース・パケットを送信するサーバとを、同一のコンピュータ上で稼動させることもできるし、別々のサーバとして構成することができる。これらを互いに別々のコンピュータとして構成する場合には、プロバイダとサーバと間の通信は、マルチキャストであってもよいし、UDPまたはTCPといった通信プロトコルを用いるユニキャストとすることができる。この点で、本発明はいわゆるマルチキャスト・トンネルとは異なり、サーバ・クライアント間でIPマルチキャストを一切使わなくてもマルチキャストと同様の効果を与えることを可能とする。

10

図28は、サーバと、クライアントとの間のパケット送受信のタイミングを示した図である。図28に示されるように、サーバは、時刻 t_1 において、ソース・パケット# i をクライアント#1に対して送信する。ソース・パケット# i を受信したクライアント#1は、ソース・パケットを受信したことを通知する信号“Ack”をサーバに対して送信する。サーバは、信号“Ack”を時刻 t_2 において受け取り、その時間差($t_2 - t_1$)を算出して、クライアント・リストの該当するクライアントの実行スループットを更新させる。

クライアント#1は、ソース・パケット# i を受信して直ちにコピー・パケットを生成し、時刻 t_3 において、クライアント#1が帰属されるグループのクライアント、図28に示した実施の形態では、クライアント#2へとコピー・パケット# i を送信する。同時にクライアント#1は、他のグループに帰属されるクライアント#3へとコピー・パケット# i を送信する。クライアント#2は、時刻 t_4 でコピー・パケット# i を受信し、クライアント#3は、時刻 t_5 においてコピー・パケット# i を受け取る。クライアント#3は、コピー・パケット# i を受け取ったことを通知する信号“Ack2”をクライアント#1へと送信し、信号“Ack2”は、時刻 t_6 においてクライアント#1に受信される。クライアント#1は、例えば時間差($t_6 - t_3$)としてグループ内での実行スループットを算出し、リストの該当するクライアント・リストを更新する。さらに、クライアント#3は、同一のグループ内においてコピ

ー・パケット#iを同一のグループ内のクライアント#4へと送信する。ここで、グループ内においてラウンド・トリップ・タイムを算出させていないのは、グループ内においてはクライアントを選択せずに必ずコピー・パケット#iを送信しなければならないためである。また、本発明においては後述するように、各グループ間で通信帯域幅が大きく異なる場合には、サーバがソース・パケットを送信した時刻を記憶しておき、宛先のクライアントから Ack 信号を受信した時刻を測定して、実行スループットを判断する基準とすることもできる。

図 29は、本発明の疑似トンネル配信システムの別の実施の形態を示した図である。ADSL、CATVなどの通信インフラ基盤を使用するネットワークでは、受信／送信 (downlink/uplink) の帯域幅が非対称となる。図 29に示した実施の形態は、クライアント側のネットワークで uplink の帯域幅が小さく設計されている場合に有効な実施の形態である。図 29に示した実施の形態では、サーバがソース・パケットを送信する場合、少なくとも1部のソース・パケットを複数のクライアントに送信する。図 29に示した場合には、クライアントとしては、例えばラウンド・トリップ・タイム (RTT) の小さなものから順にそれぞれ別のグループに属するものを選択することができる。また、複数のクライアントに送信したソース・パケットとして、図 24 (b) に示したソース・パケット構成を使用し、どのグループのどのクライアントにコピーするかを直接指示することもできる。

20

図 29に示したクライアントが実行する処理を説明すると、ソース・パケット#iを受信したクライアントは、ソース・パケットにおいて同一のソース・パケット#iがすでに送られていない別のグループへとコピー・パケットを送信する。このことにより、同一のソース・パケットに対応するコピー・パケットが同一のグループに配信されてしまうことにより生じる不都合を排除することができる。また、ソース・パケット#iには、同一のソース・パケット#iを送付したグループのアドレスを記述して、当該記述されたアドレスのグループを除いたグループにコピー・パケットを送信することもできる。さらに、図 29に示した疑似トンネル配信を使用することにより、グループ間の通信量も削減することができ、uplink パケット

の量を小さくすることができる。一方、サーバにとってみれば、同一のソース・パケットを複数のクライアントに送信する必要が生じるので負荷は高くなる。本発明においては、上述したトレードオフ、および使用している通信インフラ基盤の特性を考慮して、どの方法を使用するかを選択することができる。また、

5 時間帯などに応じて、複数の方法を併用してデジタル・コンテンツの配信を行うこともできる。

図30は、本発明の疑似トンネル配信システムのさらに別の実施の形態を示した図である。図30に示した実施の形態では、グループ内におけるクライ

10 アント間でコピー・パケットを送受信しない。図30に示した実施の形態では、クライアントから直接アプリケーションへとパケットを送るのではなく、クライアントは、受信したパケットをブロードキャスト、または第3のネットワークとして参照されるLANローカルなマルチキャストを用いて送信する。図30に示した実施の

15 形態では、アプリケーションは、他のコンピュータ94に格納されており、アプリケーションを格納したコンピュータ94は、クライアント86から第3のネットワーク96を介してデジタル・コンテンツを再生するために接続して必要なパケットを取得し、デジタル・コンテンツの再生を行う。グループを接続する第2のネットワーク22としては、ワイヤレス・ネットワークでもイーサネット(登録商標)でも許容されるものの、本発明の図30に示した実施の形態で使用される、第3のネ

20 ットワークは、第2のネットワークとは目的の異なる、例えばイーサネット(登録商標)などを使用したネットワークとすることができる。図30に示した実施の形態では、アプリケーションを格納したコンピュータ94は、グループ内のクライアント86すべてが第3のネットワーク上にアップデートするパケットを都度受信して再生することができるので、デジタル・コンテンツを過不足なくスムーズに再

25 生することができる。

また図30に示した実施の形態では、アプリケーションは、クライアントと一対一でなくてもパケットを受信可能であることを意味する。ただし、第3のネットワーク96上でクライアントが一つ以上稼動していることが必要である。この場合

クライアント86はすべてのパケットを取得して格納しなくても疑似トンネルを構成することができ、通信トラフィック量の削減およびクライアント側のハードウェア資源の節約を可能としつつ、デジタル・コンテンツの配信が可能となる。

- 5 上述したように、本発明によれば、1対多数のデジタルメディア配信において、パケット単位での動的なパスの最適化により、系はクライアントの参加や離脱の影響を受けにくくなり、クライアントはいつでも参加あるいは離脱できる。また、異常終了による離脱やケーブルの断線などにも系は影響を受けにくく、安定性を向上させることができる。さらに、クライアントでの負担は基本的には
- 10 均等に分散していて、大域グループ全体として受信機能が働くので(分散協調性)、特別な補助サーバを必要としない。これにより、自律性の観点から指摘されているような、ネットワークシステムの複雑化を避けて、メンテナンスの容易な単純なシステム構成にすることができる。
- 15 また、クライアントの参加離脱を反映する更新処理を局所化して、そのオーバーヘッドを常に小さくすることなどにより、サーバの負担を大幅に減らし、クライアントと同等あるいはそれ以下の資源しか許されない計算機でも、サーバとして機能させることができる。
- 20 さらに、本発明によれば、ネットワークを介して互いに接続され、それぞれ複数のクライアントを含んで構成される複数のグループを含む所定の大域グループに対してに対し、サーバに対する通信トラフィックのオーバーヘッドを低減させつつ、デジタル・コンテンツのスムーズかつ無駄のない配信を可能とするデジタル・コンテンツ配信システム、およびそのためのサーバ、およびクライアント、並びにコンピュータを上記したサーバおよびクライアントとして機能させる
- 25 ための制御方法、それらのためのプログラムおよび該プログラムを記録したコンピュータ可読な記録媒体を提供することが可能となる。

なお、本発明においては、IPマルチキャストやアプリケーションレベル・マ

ルチャストによりもたらされる利点、たとえば、パケットが重複しないように配信してネットワークを効率的に利用し混雑を回避することや、ネットワーク層でのコストのかかる置き換え作業を必要としないことなどの性質は損なうことなくそのまま受け継いでおり、優れたデジタル・コンテンツ配信を行うことが可能となる。また、本発明においては第2のネットワークは、たとえばプリンタ・サーバ、メール・サーバ、アプライアンス・サーバなど、サーバを含んで構成することができる。

本発明の上述した各機能を実現する手段または部分は、コンピュータ実行可能なプログラム言語により記述されたソフトウェアまたはソフトウェア・モジュール群として構成することができ、必ずしも図面に記載した機能ブロックとして構成される必要はない。

本発明のデジタル・コンテンツ配信を実行させるための上述したプログラムは、種々のプログラミング言語、例えばC言語、C++言語、Java(登録商標)、などを使用して記述することができ、本発明のプログラムを記述したコードは、磁気テープ、フレキシブル・ディスク、ハードディスク、コンパクト・ディスク(CD)、光磁気ディスク、デジタル・バーサタイル・ディスク(DVD)といったコンピュータ可読な記録媒体に保持させることができる。

これまで本発明を図面に記載した具体的な実施の形態をもって説明してきたが、本発明は、上述した特定の実施の形態に制限されるものではなく、種々の変更例および他の実施の形態であっても、本発明の効果を奏する範囲において、これまで知られたいかなる構成要素であっても用いることができる。

図面の簡単な説明

図1は、本発明のデジタル・コンテンツ配信システムを示した概略図。

図 2 は、本発明において構成されるバス木構造の概略図。

図 3 は、サーバからのソース・パケット送信およびクライアントのコピー・パケット
5 送信の処理を概略的に示した図。

図 4 は、本発明において動的に中間ノードとなるクライアントが選択される場合の実施の形態を示した図。

10 図 5 は、本発明にしたがって、クライアントに対して送受信されるパケットのトラフィックを示した図。

図 6 は、本発明において動的にクライアントを中間ノードとして選定する場合の概略図。

15

図 7 は、本発明においてグループ # 1 に対して新たにクライアントが追加された場合のサーバの処理を示した図。

図 8 は、新たに生成されたバス木新構造に基づいて新たに参加したクライアント
20 に対しての処理を示した図。

図 9 は、本発明におけるクライアントの構成を示した機能ブロック図。

図 10 は、本発明のサーバの構成を示した機能ブロック図。

25

図 11 は、本発明において使用することができるソース・パケットの実施の形態を示した図。

図 12 は、本発明においてサーバが使用するクライアント・リストの実施の形態

を示した図。

図 13は、サーバが選択する本発明のパス木構造の実施の形態を示した図。

- 5 図 14は、本発明のデジタル・コンテンツ配信システムの第2の実施の形態を示した図。

図 15は、図 14に示したソース・サーバおよびクライアントの構成を示したブロック図。

10

図 16は、本発明のサーバと、クライアントとの間のソース・パケットの通信を、時系列的に示した図。

- 15 図 17は、本発明において中間ノードとして選択されたクライアント間におけるソース・パケットおよびコピー・パケットの送信を各クライアントおよびサーバの間において時系列的に示した図。

図 18は、本発明のクライアントの処理を示したフローチャート。

- 20 図 19は、(a)は、本発明におけるコピー処理のフローチャートであり、(b)は、予期せぬクライアントの脱離が発生した場合や、該当するクライアントに重大な障害があることを検出した場合のサーバの処理を示したフローチャート。

- 25 図 20は、本発明のデジタル・コンテンツ配信システムの他の実施の形態を示した図。

図 21は、本発明のデジタル・コンテンツ配信システムのさらに他の実施の形態を示した図。

図 22は、ワイヤレス・ネットワーク上のサーバに対して、負荷軽減を可能とする、本発明のさらに別の実施の形態を示した図。

図 23は、本発明のコンテンツ配信システムの構成を示したブロック図。

5

図 24は、本発明において使用することができるソース・パケットの他の実施の形態を示した図。

図 25は、本発明のコンテンツ配信を実行するプロセスのフローチャート。

10

図 26は、本発明のコンテンツ配信を実行する場合のサーバおよびクライアントの処理を示したフローチャート。

図 27は、本発明のコンテンツ配信により配信されるソース・パケットとコピー・
15 パケットとのフローを簡略化して示した図。

図 28は、本発明のコンテンツ配信システムのさらに他の実施の形態を示した図。

20 図 29は、本発明のコンテンツ配信システムのさらに他の実施の形態を示した図。

図 30は、本発明のコンテンツ配信システムのさらに他の実施の形態を示した図。

25

図 31は、従来のIPマルチキャスト方式の概略図。

図 32は、従来のアプリケーションレベル・マルチキャスト方式を使用したデジタル・コンテンツの配信の概略図。

図 33は、クライアントをエッジ・サーバに接続させる従来の構成のデジタル・コンテンツ配信システムの概略図。

- 5 図 34は、従来のマルチキャスト・トンネリングを使用したデジタル・コンテンツの配信を示した概略図。

図 35は、従来のマルチキャスト・トンネリングを使用したデジタル・コンテンツの配信における通信トラフィック環境を示した概略図。

請 求 の 範 囲

1. 第1のネットワークと第2のネットワークとを介してデジタル・コンテンツを
5 配信するためのシステムであって、前記第1のネットワークに接続され、ディ
ジタル・コンテンツを送信するサーバと、前記第1のネットワークに接続される
前記第2のネットワークを構成し、前記デジタル・コンテンツを受信して提供
するためのクライアントとを含み、前記サーバは、保持したデジタル・コンテ
10 ンツを複数のパケットに分割して前記第2のネットワークに対して前記ディ
ジタル・コンテンツを構成するための最小単位のパケットを送信する手段を含み、
前記第2のネットワークを構成する前記クライアントは、前記クライアントが前
記サーバから受信した前記最小単位のパケットと、前記第2のネットワークを
構成する他のクライアントから受信したパケットとを使用して、前記第2のネッ
15 トワーク内に接続されたすべての前記クライアントに対して前記デジタル・コン
テンツを保持させるための手段を含む
デジタル・コンテンツ配信システム。
2. 前記サーバは、前記最小単位のパケットを、前記第2のネットワークの複
数のクライアントに動的に割り当てる手段を含む、請求項1に記載のディ
20 ジタル・コンテンツ配信システム。
3. 前記最小単位のパケットを前記第2のネットワークの複数のクライアント
に割り当てる手段は、前記クライアントのオーバーヘッドを決定するための手
段と、前記オーバーヘッドに関連して前記クライアントの少なくとも1つを中間
25 ノードとして動的に選択し、当該中間ノードに宛てて前記パケットを割り当
てる手段とを含む、請求項3に記載のデジタル・コンテンツ配信システム。
4. 前記クライアントのオーバーヘッドを決定するための手段は、前記サーバ
が前記最小単位のパケットを所定のクライアントに宛てて送信した時刻と、前

記所定のクライアントが前記最小単位のパケットの受信通知を発行した時刻との時間差を決定するための手段を含む、請求項3に記載のデジタル・コンテンツ配信システム。

- 5 5. 第1のネットワークに接続され、デジタル・コンテンツを送信するサーバと、前記第1のネットワークに接続される第2のネットワークを構成し、前記デジタル・コンテンツを受信して提供するためのクライアントとを含み、前記第1のネットワークと前記第2のネットワークとを介してデジタル・コンテンツを前記クライアントに配信するための方法であって、デジタル・コンテンツを複数のパ
- 10 ケットに分割して前記サーバから前記クライアントに対して前記デジタル・コンテンツを構成するための最小単位のパケットを送信するステップと、前記第2のネットワークを構成するクライアントが前記サーバから前記最小単位のパケットを受信するステップと、前記第2のネットワークを構成する他のクライアントから前記デジタル・コンテンツを再構成するためのパケットを受信するステ
- 15 ップと、前記サーバから送信された前記最小単位のパケットと、前記他のクライアントから受信したパケットとを使用して、前記第2のネットワーク内に接続されたすべての前記クライアントに対して前記デジタル・コンテンツを保持させるステップとを含むデジタル・コンテンツ配信方法。
- 20 6. 前記最小単位のパケットを送信するステップは、前記サーバから前記最小単位のパケットを、前記第2のネットワークの複数のクライアントに動的に割り当てるステップを含む、請求項5に記載のデジタル・コンテンツ配信方法。
7. 前記最小単位のパケットを前記第2のネットワークの複数のクライアント
- 25 に割り当てるステップは、前記クライアントのオーバーヘッドを決定するステップと、前記オーバーヘッドを前記サーバに保持させるステップと、前記保持されたオーバーヘッドに関連して中間ノードとなるクライアントを選択するステップと、前記中間ノードとして選択されたクライアントに宛てて前記最小単位のパケットを割り当てるステップとを含む、請求項5に記載のデジタル・コンテン

配信方法。

8. 前記クライアントのオーバーヘッドを決定するステップは、前記サーバが前記最小単位の packets を所定のクライアントに宛てて送信した時刻を前記サーバに登録するステップと、前記所定のクライアントが前記 packets の受信通知を発行した時刻を前記サーバに登録するステップと、前記送信した時刻と前記発行した時刻との時間差を算出するステップとを含む、請求項7に記載のデジタル・コンテンツ配信方法。
9. 第1のネットワークに接続され、デジタル・コンテンツを送信するサーバと、前記第1のネットワークに接続される第2のネットワークを構成し、前記デジタル・コンテンツを受信して提供するための宛先が指定されたクライアントとを含み、前記第1のネットワークと前記第2のネットワークとを介してデジタル・コンテンツを前記宛先に宛てて配信する方法を実行するためのサーバ・プロセスを実行するプログラムであって、前記プログラムは、デジタル・コンテンツを複数の packets に分割するステップと、最小単位の packets を、前記サーバから前記第2のネットワークの複数の宛先に動的に割り当てるステップと、前記サーバから前記第1のネットワークを介して前記第2のネットワークに対して前記デジタル・コンテンツを構成するための最小単位の packets を送信するステップと、を含み、前記割り当てステップは、前記宛先からの受信通知を受信するステップと、前記受信通知を前記サーバに保持させるステップと、前記保持された受信通知を使用して関連して中間ノードとなる宛先を選択するステップと、前記中間ノードとして選択された宛先に宛てて前記最小単位の packets を割り当てるステップとを実行させるプログラム。
10. 前記宛先を選択するステップは、前記サーバが前記最小単位の packets を所定の宛先に宛てて送信した時刻をサーバに登録するステップと、前記最小単位の packets の前記受信通知が発行された時刻を前記サーバに登録するステップと、前記送信した時刻と前記受信した時刻との時間差を

算出するステップとを含む、請求項9に記載のプログラム。

11. 第1のネットワークに接続され、デジタル・コンテンツを送信するサーバと、前記第1のネットワークに接続される第2のネットワークを構成し、前記デジタル・コンテンツを受信して提供するための宛先が指定されたクライアントと
5 を含み、前記第1のネットワークと前記第2のネットワークとを介してデジタル・コンテンツを前記宛先に宛てて配信する方法を実行するためのサーバ・プロセスを実行するプログラムが記録されたコンピュータ可読な記録媒体であって、前記プログラムは、デジタル・コンテンツを複数のパケットに分割する
10 ステップと、前記サーバから最小単位のパケットを、前記第2のネットワークの複数の宛先に動的に割り当てるステップと、前記サーバから前記第1のネットワークを介して前記第2のネットワークに対して前記デジタル・コンテンツを構成するための最小単位のパケットを送信するステップと、を含み、前記割り当
てステップは、前記宛先からの受信通知を受信するステップと、前記受信通知を前記サーバに保持させるステップと、前記保持された受信通知を使用して
15 関連して中間ノードとなる宛先を選択するステップと、前記中間ノードとして選択された宛先に宛てて前記最小単位のパケットを割り当てるステップとを実行させる記録媒体。

20 12. 前記宛先を選択するステップは、前記サーバが前記最小単位のパケットを所定の宛先に宛てて送信した時刻をサーバに登録するステップと、前記最小単位のパケットの前記受信通知が発行された時刻を前記サーバに登録するステップと、前記送信した時刻と前記受信した時刻との時間差を算出するステップとを含む、請求項11に記載のプログラム。

25

13. さらに、前記宛先を選択するステップは、前記サーバに宛先リストを保持させるステップと、前記宛先リストと前記受信通知の発行された時刻とを使用して宛先を選択するステップと、前記宛先リストを定期的に更新するステップとを含む請求項12に記載のプログラム。

14. 第1のネットワークに接続され、デジタル・コンテンツを送信するサーバと、前記第1のネットワークに接続される第2のネットワークを構成し、前記デジタル・コンテンツを受信して提供するためのクライアントとを含み、前記第1
- 5 のネットワークと前記第2のネットワークとを介してデジタル・コンテンツを前記クライアントに配信するための方法を実行するクライアント・プロセスを実行させるためのプログラムであって、該プログラムは、前記クライアントに対し、前記第1のネットワークを介して複数のパケットに分割されたデジタル・コンテンツを構成する最小単位のパケットを受信するステップと、前記第2のネットワーク
- 10 を構成する他のクライアントから前記デジタル・コンテンツを再構成するためのパケットを受信するステップと、前記第1のネットワークを介して受信した前記最小単位のパケットと、前記他のクライアントから受信したパケットとを使用して前記第2のネットワークに含まれる前記クライアントに対して前記デジタル・コンテンツを保持させるステップとを実行させるプログラム。
- 15
15. 前記最小単位のパケットを受信したクライアントに対してさらに、前記最小単位のパケットを受信した時刻を含む受信通知を生成するステップを実行させる、請求項14に記載のプログラム。
- 20
16. さらに、前記クライアントに対して、前記最小単位のパケットと、前記他のクライアントから受信したパケットとを識別するステップを実行させる、請求項14に記載のプログラム。
- 25
17. さらに、前記第2のネットワークを構成するメンバーのリストを生成するステップと、前記リストを、前記第2のネットワークにクライアントが追加または削除された場合に更新するステップとを含む、請求項14に記載のプログラム。
18. 第1のネットワークに接続され、デジタル・コンテンツを送信するサーバと、前記第1のネットワークに接続される第2のネットワークを構成し、前記ディ

デジタル・コンテンツを受信して提供するためのクライアントとを含み、前記第1のネットワークと前記第2のネットワークとを介してデジタル・コンテンツを前記クライアントに配信するための方法を実行するクライアント・プロセスを実行させるためのプログラムが記録されたコンピュータ可読な記録媒体であって、該

5 プログラムは、前記クライアントに対し、前記第1のネットワークを介して複数のパケットに分割されたデジタル・コンテンツを構成する最小単位のパケットを受信するステップと、前記第2のネットワークを構成する他のクライアントから前記デジタル・コンテンツを再構成するためのパケットを受信するステップと、前記第1のネットワークを介して受信した前記最小単位のパケットと、前記他

10 のクライアントから受信したパケットとを使用して前記第2のネットワークに含まれる前記クライアントに対して前記デジタル・コンテンツを保持させるステップとを実行させる記録媒体。

19. 前記最小単位のパケットを受信したクライアントに対してさらに、前記

15 最小単位のパケットを受信した時刻を含む受信通知を生成するステップを実行させる、請求項18に記載の記録媒体。

20. さらに、前記クライアントに対して、前記最小単位のパケットと、前記他のクライアントから受信したパケットとを識別するステップを実行させる、請求

20 項18に記載の記録媒体。

21. さらに、前記第2のネットワークを構成するメンバーのリストを生成するステップと、前記リストを、前記第2のネットワークにクライアントが追加または削除された場合に更新するステップとを含む、請求項18に記載の記録媒体。

25 22. 第1のネットワークに接続され、デジタル・コンテンツを前記第1のネットワークに接続される第2のネットワークに対して提供するためのサーバであって、該サーバは、デジタル・コンテンツを複数のパケットに分割するための手段と、前記第2のネットワークに含まれる宛先を含むリストを記憶する手段と、

- 前記サーバから前記第1のネットワークを介して前記第2のネットワークに対して、前記デジタル・コンテンツを構成するための最小単位のパケットを送信する手段と、前記リストを使用して前記最小単位のパケットを送信する前記第2のネットワークに対する宛先を動的に割り当てる動的割り当て手段と、前記宛先からの受信通知を受信する手段と、前記受信通知を使用して中間ノードとなる宛先を選択する手段と、前記中間ノードとして選択された宛先を使用して前記最小単位のパケットを送信する手段とを含むデジタル・コンテンツ配信サーバ。
- 10 23. 前記動的割り当て手段は、前記最小単位のパケットを所定の宛先に宛てて送信した時刻を前記サーバに登録する手段と、前記所定のクライアントが前記最小単位のパケットの前記受信通知を発行した時刻を前記サーバに登録する手段と、前記送信した時刻と前記受信した時刻との時間差を算出する手段とを含む、請求項22に記載のサーバ。
- 15 24. 前記サーバは、宛先リストを含み、さらに前記宛先リストを、前記第2のネットワークの構成の変更に関連して動的に更新する手段を含む、請求項22に記載のサーバ。
- 20 25. 第1のネットワークを介して配信されるデジタル・コンテンツを受信し、前記第1のネットワークに接続される第2のネットワークを構成するクライアントであって、該クライアントは、前記第1のネットワークを介して複数のパケットに分割されたデジタル・コンテンツを構成する最小単位のパケットを受信する手段と、前記第2のネットワークを介して前記デジタル・コンテンツを再構成
- 25 するためのパケットを受信する手段と、前記第1のネットワークを介して受信した前記最小単位のパケットと、前記第2のネットワークを介して他のクライアントから受信したパケットとを使用して、前記第2のネットワークに含まれるクライアントに対して前記デジタル・コンテンツを保持させる手段とを含むクライアント。

26. 前記クライアントは、前記最小単位の packets を受信した時刻を含む受信通知を生成する手段を含む、請求項 25 に記載のクライアント。

5 27. さらに、前記クライアントは、前記最小単位の packets と、前記他のクライアントから受信した packets とを識別する手段を含む、請求項 25 に記載のクライアント。

28. さらに、前記第 2 のネットワークを構成するメンバーのリストを含み、前記
10 リストを、前記第 2 のネットワークにクライアントが追加または削除された場合に更新する手段とを含む、請求項 25 に記載のクライアント。

29. 第 1 のネットワークと第 2 のネットワークとを介してデジタル・コンテンツを
所定の地域グループに配信するためのシステムであって、前記第 1 のネット
15 ワークに接続され、デジタル・コンテンツを送信するサーバと、前記第 1 のネット
ワークに接続される前記第 2 のネットワークを構成するクライアントを含んで構
成され、前記デジタル・コンテンツを受信して提供する前記地域グループを
構成する複数のグループとを含み、前記サーバは、保持したデジタル・コン
テンツを複数の packets に分割して前記グループの前記クライアントに対して
20 前記デジタル・コンテンツを構成するための最小単位の packets を重複なく
送信する手段を含み、前記最小単位の packets を受信した前記クライアント
は、前記クライアントを含むグループを構成するすべてのクライアントおよび他
のグループを構成する他のクライアントに前記サーバから受信した前記最小
単位の packets のコピーを配信する手段を含むデジタル・コンテンツ配信シ
25 ステム。

30. 第 2 のネットワークを介して接続される複数のグループを含んだ地域グ
ループに対して第 1 のネットワークを介してデジタル・コンテンツを配信するた
め、前記第 1 のネットワークに接続されたサーバであって、保持したディジタ

ル・コンテンツを複数のパケットに分割して最小単位のパケットを生成する手段と、前記最小単位の同一のパケットが所定のグループについて重複しないように前記最小単位のパケットの配信先を選択する手段と、前記グループの前記選択されたクライアントに対して前記デジタル・コンテンツを構成するための最小単位のパケットを送信する手段とを含むサーバ。

31. 前記最小単位のパケットを生成する手段は、前記最小単位のパケットのコピーを少なくとも他のグループに配信するためのデータを含む最小単位のパケットを生成する手段を含む、請求項30に記載のサーバ。

10

32. 第2のネットワークを介して接続される複数のグループを含んだ大域グループに対して第1のネットワークを介してデジタル・コンテンツを配信するためのサーバとしてコンピュータを制御する方法であって、前記方法は、前記コンピュータに対し、保持したデジタル・コンテンツを複数のパケットに分割して最小単位のパケットを生成するステップと、前記最小単位の同一のパケットが所定のグループについて重複しないように前記最小単位のパケットの配信先を選択して登録するステップと、前記選択された配信先のデータを前記最小単位のパケットとして記憶させるステップと、前記グループの前記選択されたクライアントに対して前記デジタル・コンテンツを構成するため前記記憶された最小単位のパケットを読み出して送信するステップとを実行させる方法。

20

33. 第2のネットワークを介して接続される複数のグループを含んだ大域グループに対して第1のネットワークを介してデジタル・コンテンツを配信するためのサーバとしてコンピュータを制御するプログラムであって、前記プログラムは、前記コンピュータに対し、保持したデジタル・コンテンツを複数のパケットに分割して最小単位のパケットを生成するステップと、前記最小単位の同一のパケットが所定のグループについて重複しないように前記最小単位のパケットの配信先を選択して登録するステップと、前記選択された配信先のデータを前記最小単位のパケットとして記憶させるステップと、前記グループの前

25

記選択されたクライアントに対して前記デジタル・コンテンツを構成するため前記記憶された最小単位のパケットを読み出して送信するステップとを実行させるプログラム。

- 5 34. 第2のネットワークを介して接続される複数のグループを含んだ大域グループに対して第1のネットワークを介してデジタル・コンテンツを配信するためのサーバとしてコンピュータを制御するプログラムが記録されたコンピュータ可読な記憶媒体であって、前記プログラムは、前記コンピュータに対し、保持したデジタル・コンテンツを複数のパケットに分割して最小単位のパケットを
- 10 生成するステップと、前記最小単位の同一のパケットが所定のグループについて重複しないように前記最小単位のパケットの配信先を選択して登録するステップと、前記選択された配信先のデータを前記最小単位のパケットとして記憶させるステップと、前記グループの前記選択されたクライアントに対して前記デジタル・コンテンツを構成するため前記記憶された最小単位のパケ
- 15 ットを読み出して送信するステップとを実行させる記憶媒体。

35. 第1のネットワークと第2のネットワークとを介してデジタル・コンテンツを所定の大域グループに配信するため前記第2のネットワークに接続され、前記大域グループのグループを構成するクライアントであって、前記クライアント
- 20 は、前記第1のネットワークまたは前記第2のネットワークを介してパケットを受信し、受信パケットが前記デジタル・コンテンツを再構成するための最小単位のパケットか否かを判断する手段と、前記判断に応答して前記受信パケットからコピー・パケットを生成し、少なくとも他のグループのクライアントに宛ててコピー・パケットを配信する手段と、を含むクライアント。

25

36. 前記コピー・パケットを配信する手段は、前記受信パケットが前記最小単位のパケットであると判断された場合に、前記受信パケットから少なくとも他のグループへのコピー先を読み出して、読み出されたコピー先に前記生成されたコピー・パケットを配信する手段を含む、請求項35に記載のクライ

ント。

37. 前記クライアントは、コピー先リストを格納した記憶手段を含む、請求項36に記載のクライアント。

5

38. 第1のネットワークと第2のネットワークとを介してデジタル・コンテンツを所定の全域グループに配信するため前記第2のネットワークに接続され、前記全域グループのグループを構成するクライアントとしてコンピュータを制御する方法であって、前記方法は、前記コンピュータに対し、前記第1のネットワークまたは前記第2のネットワークを介してパケットを受信してメモリに記憶させるステップと、受信パケットが前記デジタル・コンテンツを再構成するための最小単位のパケットか否かを判断するステップと、前記受信パケットが前記最小単位のパケットであると判断された場合に、前記判断に回答して前記受信パケットからコピー・パケットを生成し、少なくとも他のグループのクライアントに宛ててコピー・パケットを配信するステップと、前記受信パケットが前記最小単位のパケットではないと判断された場合に、前記メモリに受信パケットを記憶させるステップとを実行させる方法。

10

15

39. 第1のネットワークと第2のネットワークとを介してデジタル・コンテンツを所定の全域グループに配信するため前記第2のネットワークに接続され、前記全域グループのグループを構成するクライアントとしてコンピュータを制御するためのプログラムであって、前記プログラムは、前記コンピュータに対し、前記第1のネットワークまたは前記第2のネットワークを介してパケットを受信してメモリに記憶させるステップと、受信パケットが前記デジタル・コンテンツを再構成するための最小単位のパケットか否かを判断するステップと、前記受信パケットが前記最小単位のパケットであると判断された場合に、前記判断に回答して前記受信パケットからコピー・パケットを生成し、少なくとも他のグループのクライアントに宛ててコピー・パケットを配信するステップと、前記受信パケットが前記最小単位のパケットではないと判断された場合に、前記メモリに

20

25

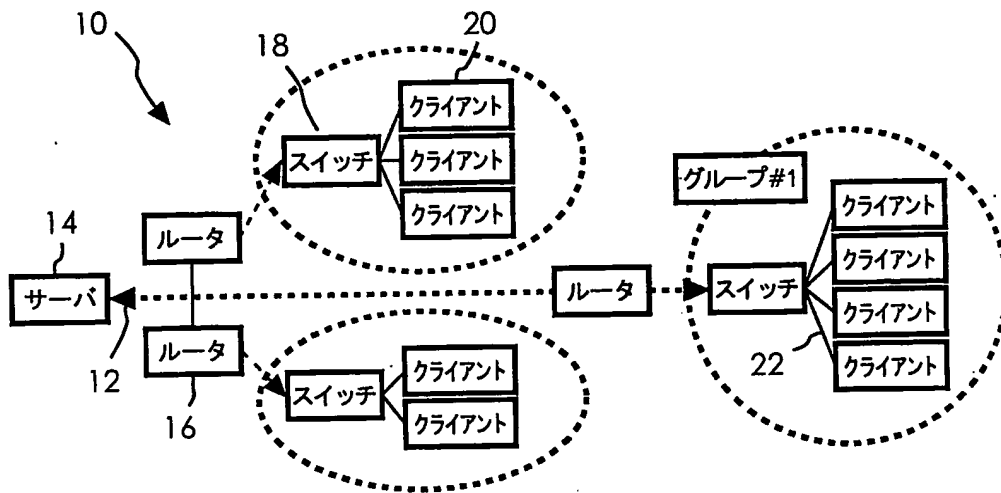
受信パケットを記憶させるステップとを実行させるプログラム。

40. 第1のネットワークと第2のネットワークとを介してデジタル・コンテンツを
所定の大域グループに配信するため前記第2のネットワークに接続され、前
5 記大域グループのグループを構成するクライアントとしてコンピュータを制御す
るためのプログラムが記録されたコンピュータ可読な記憶媒体であって、前記
プログラムは、前記コンピュータに対し、前記第1のネットワークまたは前記第
2のネットワークを介してパケットを受信してメモリに記憶させるステップと、受
信パケットが前記デジタル・コンテンツを再構成するための最小単位のパケ
10 ットか否かを判断するステップと、前記受信パケットが前記最小単位のパケッ
トであると判断された場合に、前記判断に応答して前記受信パケットからコピー
・パケットを生成し、少なくとも他のグループのクライアントに宛ててコピー・パ
ケットを配信するステップと、前記受信パケットが前記最小単位のパケットで
はないと判断された場合に、前記メモリに受信パケットを記憶させるステップと
15 を実行させる記憶媒体。

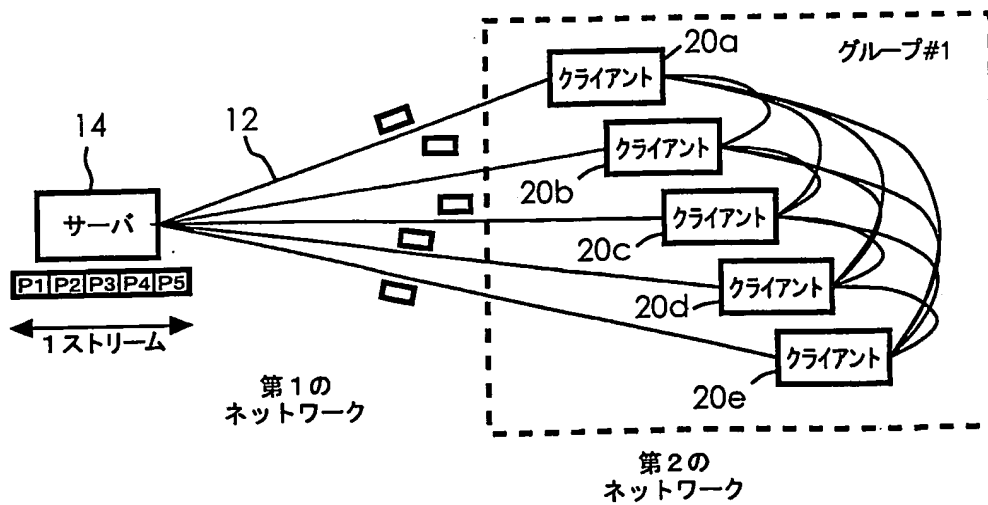
41. 所定のデジタル・コンテンツを、連続する複数のストリーム・データとし、
前記所定のデジタル・コンテンツを再構成するために必要な最小単位のパ
ケットをサーバからネットワークを介して送信することにより、複数のネットワーク
20 を介して接続されたクライアントに前記デジタル・コンテンツを共有化させる
方法であって、前記デジタル・コンテンツの配信を要求する前記クライアント
をクライアント・リストを読み出して選択するステップと、前記最小単位のパケッ
トを前記選択したクライアントに送信するステップと、前記最小単位のパケット
を受信したクライアントに前記最小単位のパケットをメモリに記憶させると共に、
25 コピー・パケットを生成させ、前記受信したクライアントを除く他のクライアント
に対して前記コピー・パケットを配信するステップと、他のクライアントから受信
したコピー・パケットを前記メモリに記憶するステップと、前記メモリ内のパケッ
トを再構成して前記配信された所定のデジタル・コンテンツをユーザに共有
させるステップとを含むネットワーク上でのデジタル・コンテンツの共有化方

法。

1/23

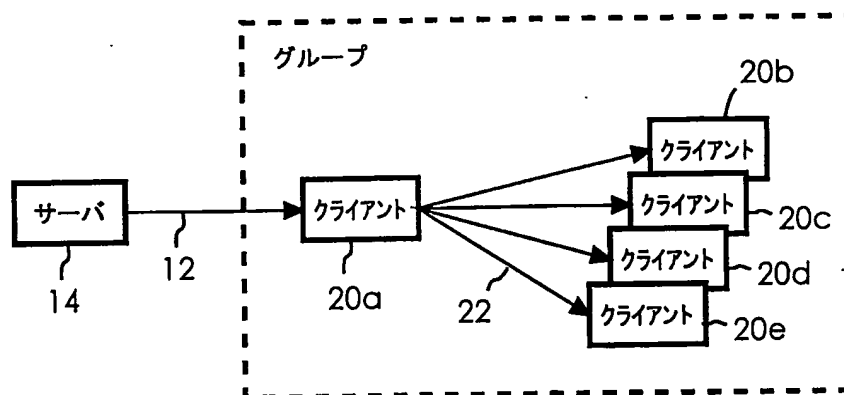


第 1 図

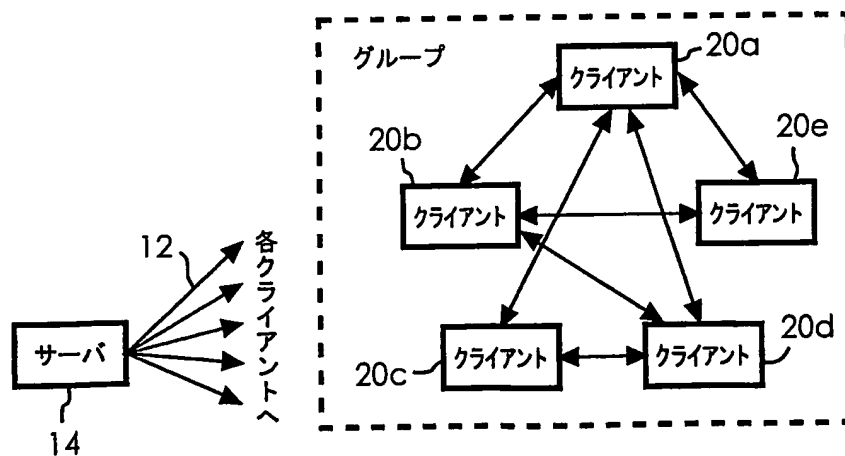


第 3 図

2/23

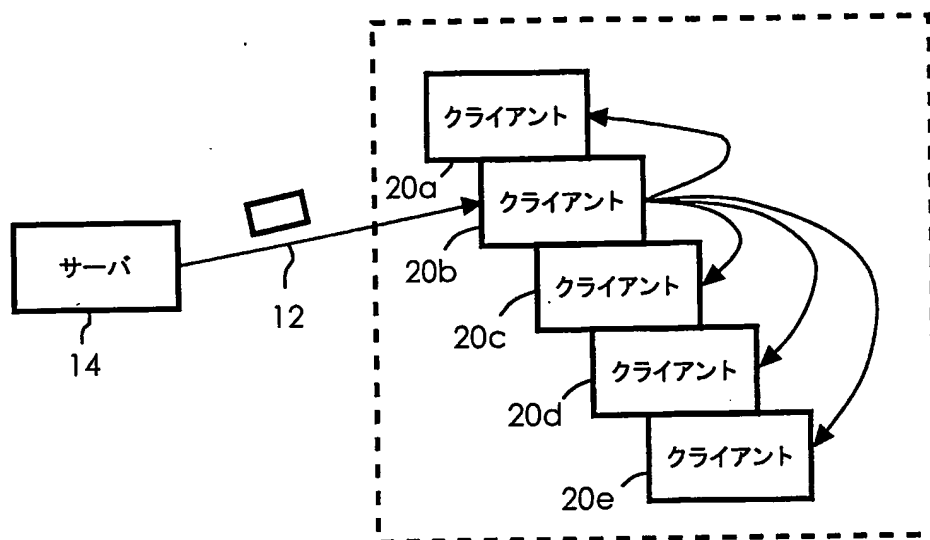


(a)

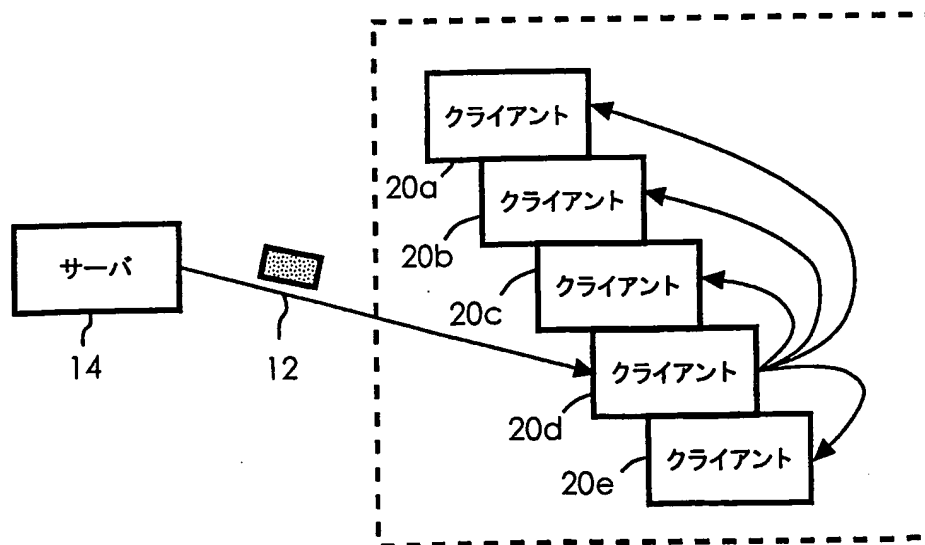


(b)

3/23

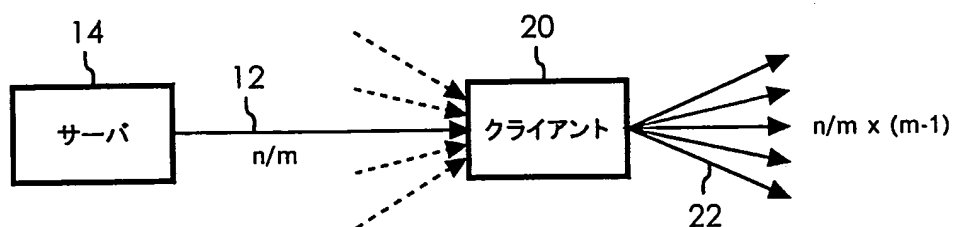


(a)

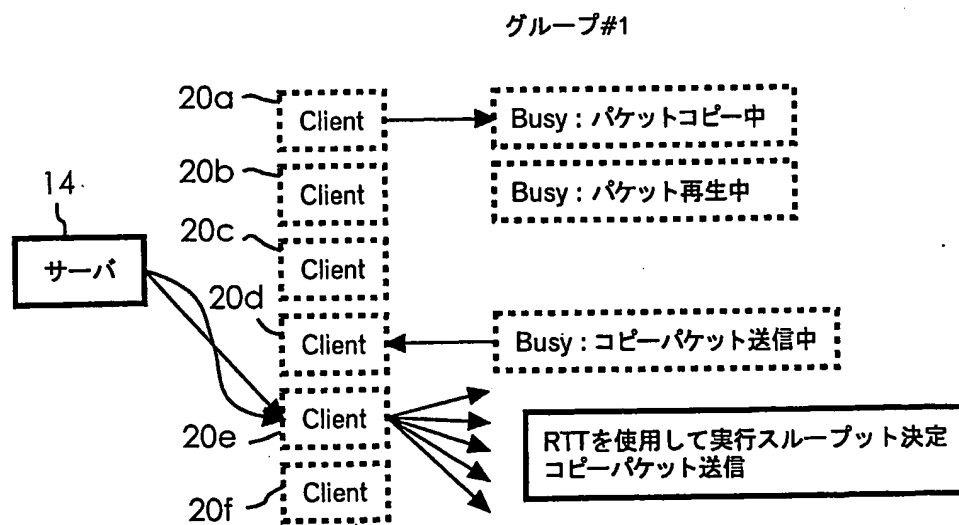


(b)

4/23

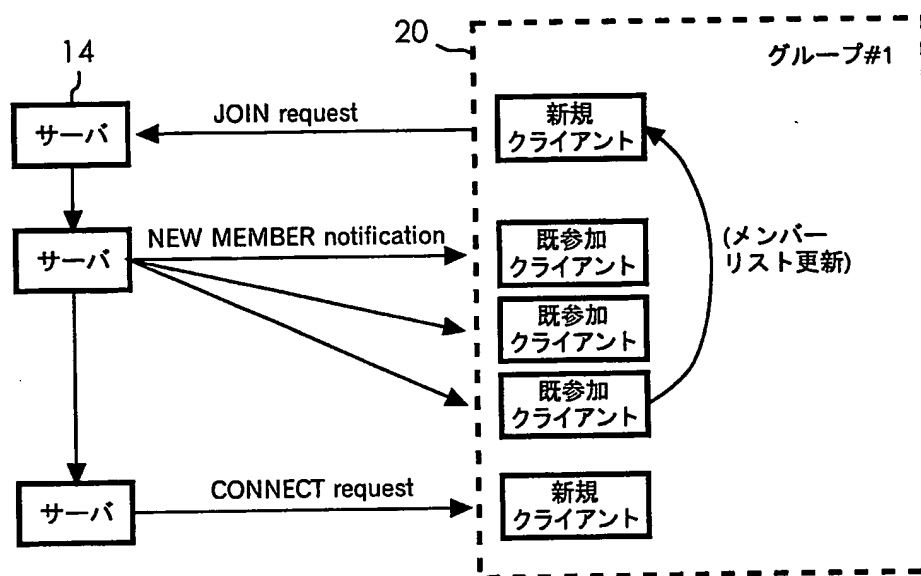


第 5 図

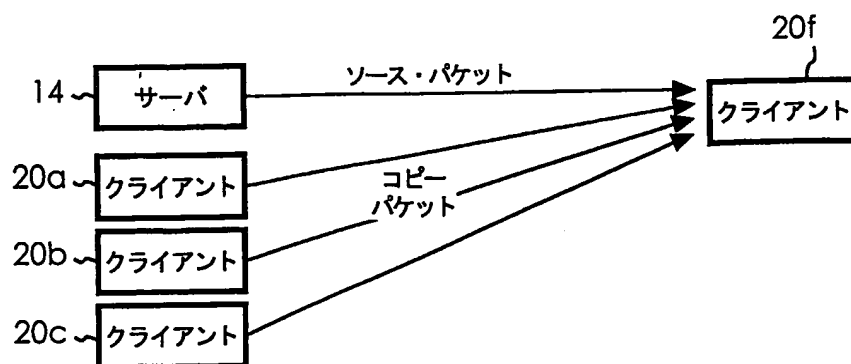


第 6 図

5/23

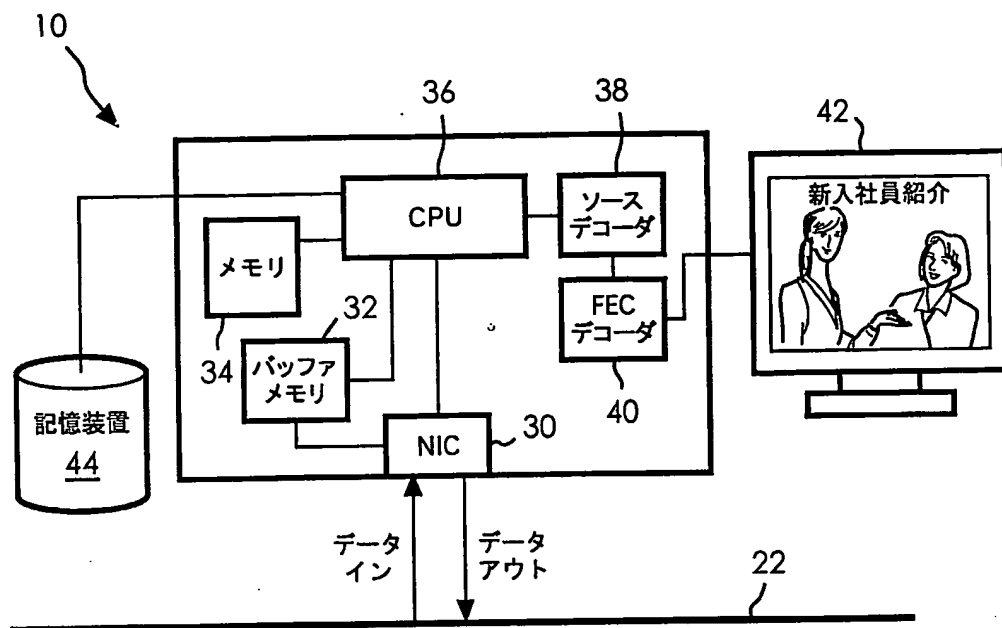


第 7 図

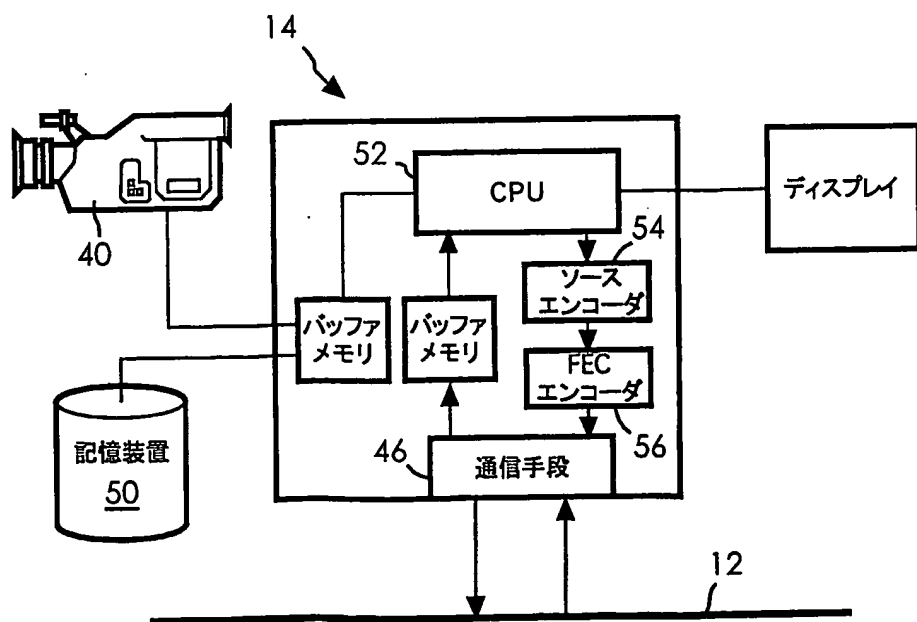


第 8 図

6/23

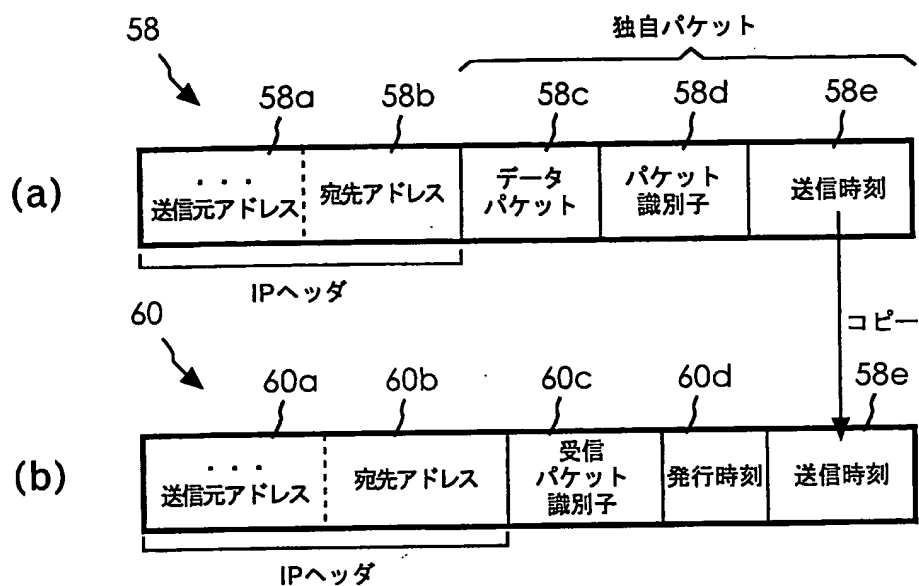


第 9 図



第 10 図

7/23



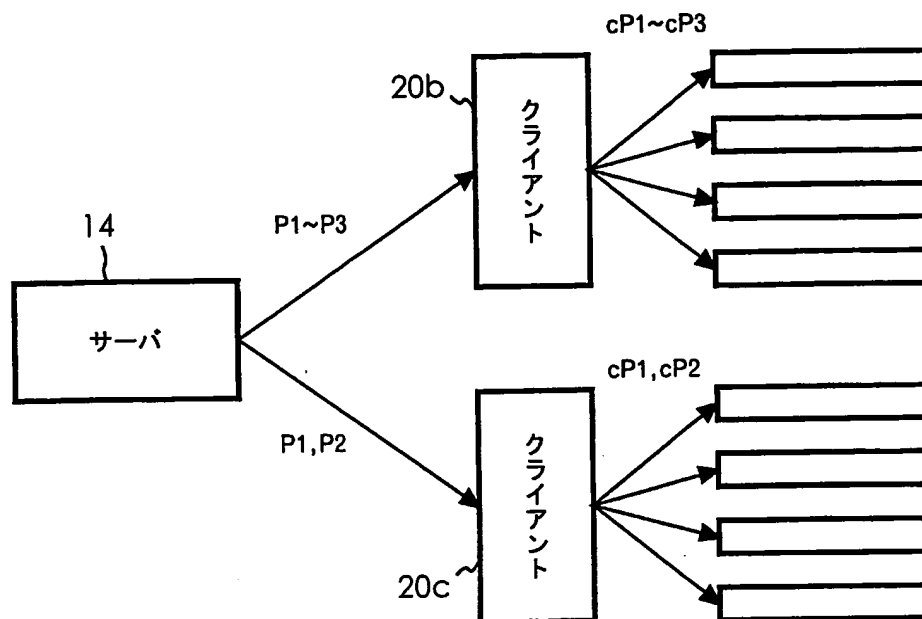
第 1 1 図

62

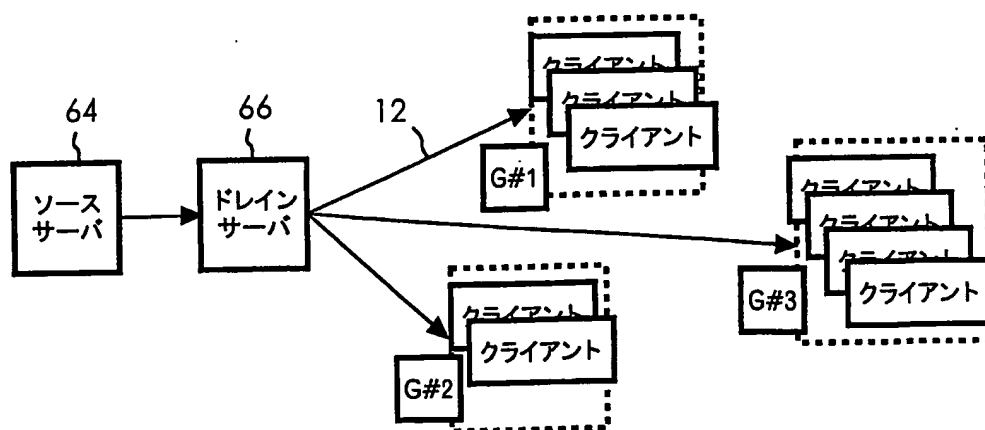
グループ	クライアント アドレス	実効 スループット
#1	255.255.aaa.001	#1Ta
	255.255.aaa.012	#1Tb
	255.255.aaa.032	#1Tc
	255.255.aaa.040	#1Td
	255.255.aaa.041	#1Te
#2	255.255.bbb.017	#2Ta
	255.255.bbb.019	#2Tb
	⋮	⋮

第 1 2 図

8/23

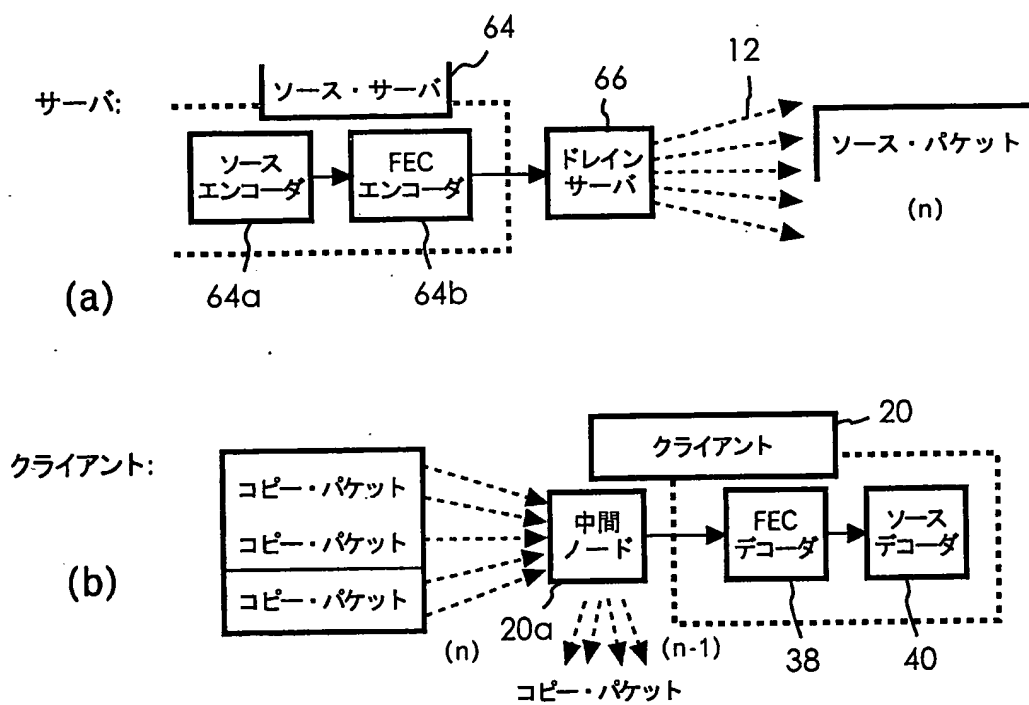


第 1 3 図



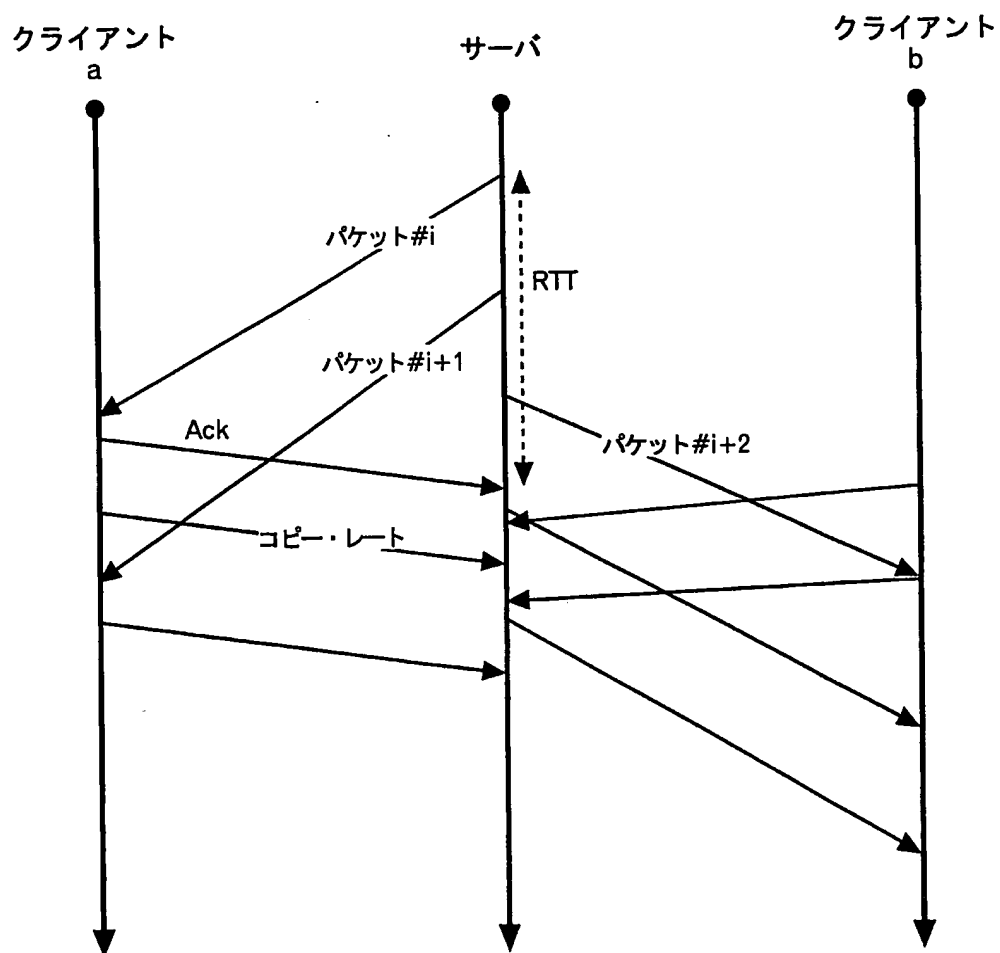
第 1 4 図

9/23



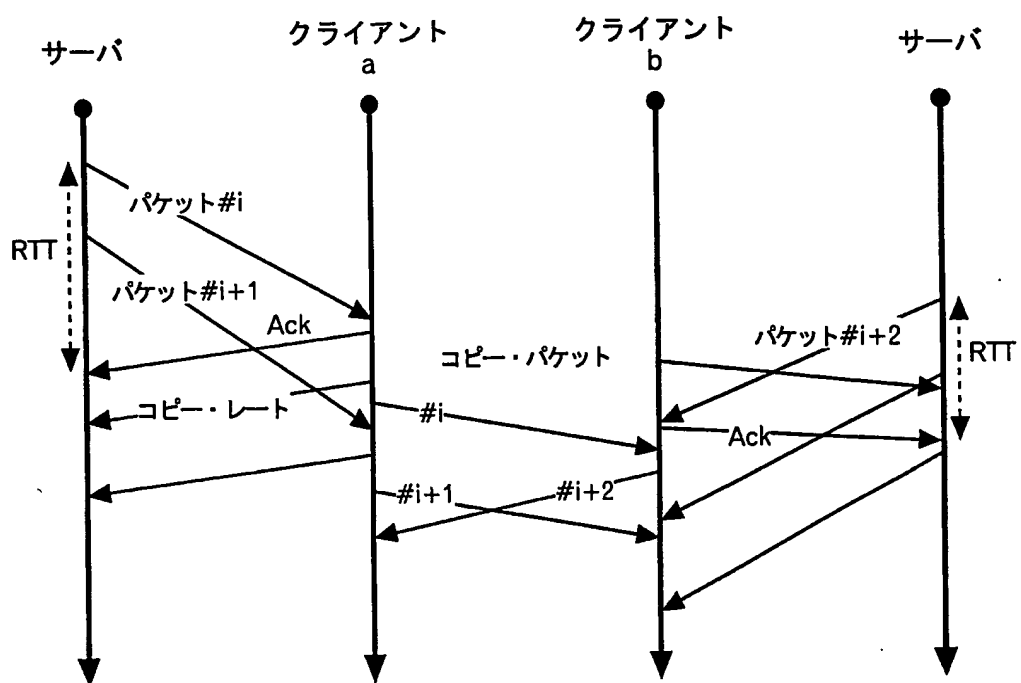
第 15 図

10/23



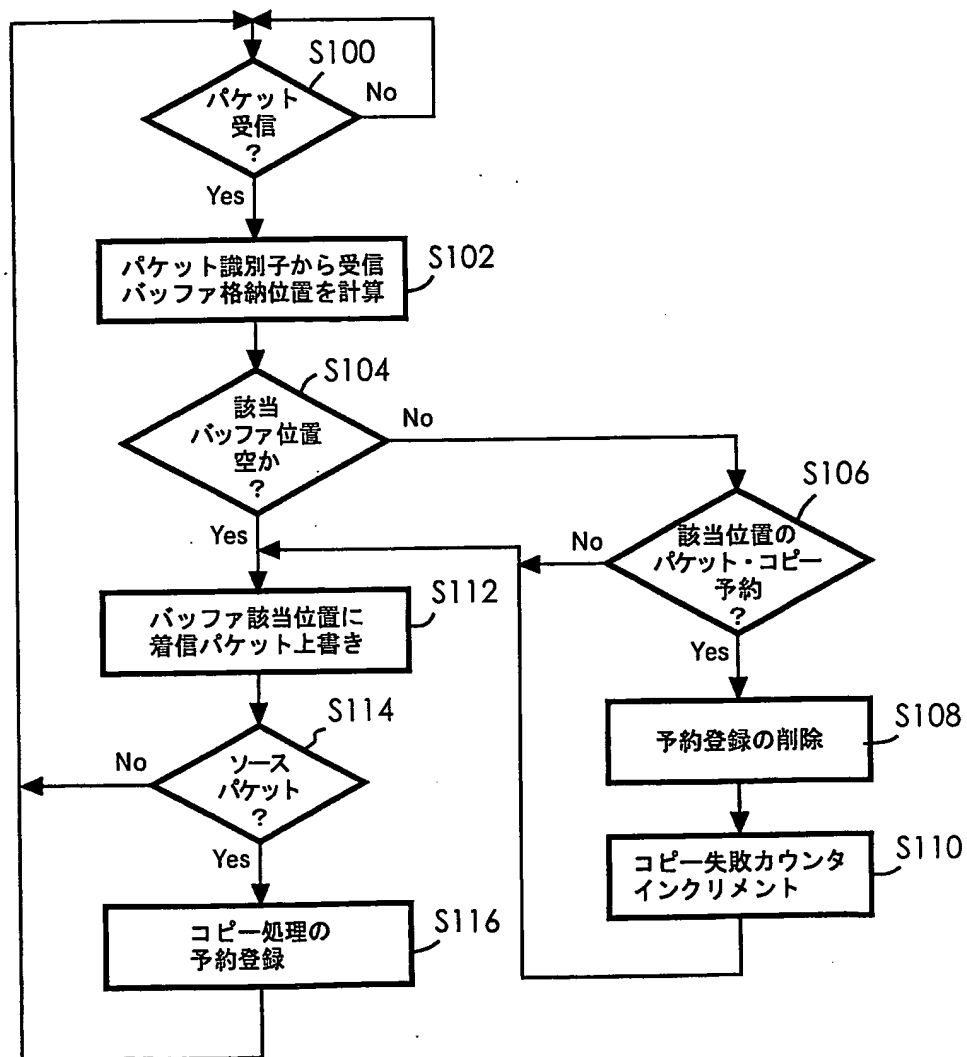
第 16 図

11/23



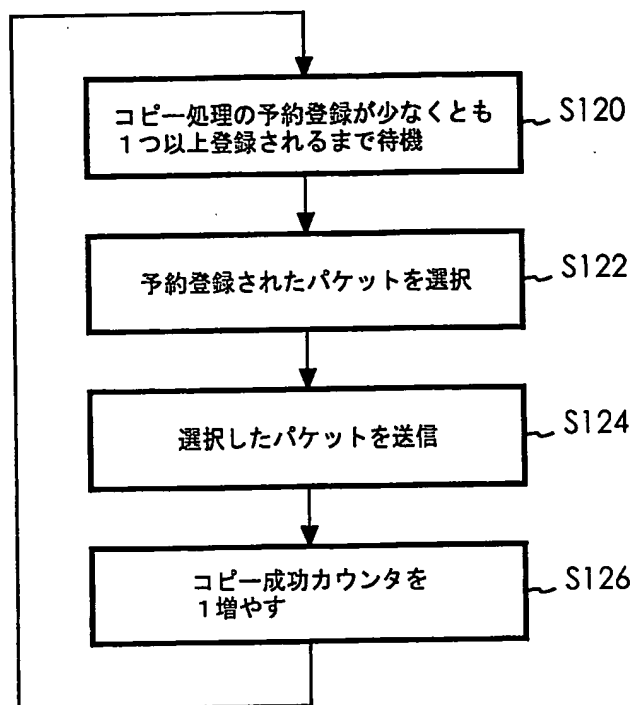
第 17 図

12/23

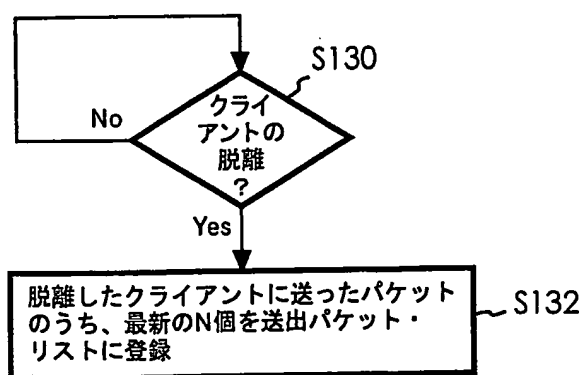


第 18 図

13/23

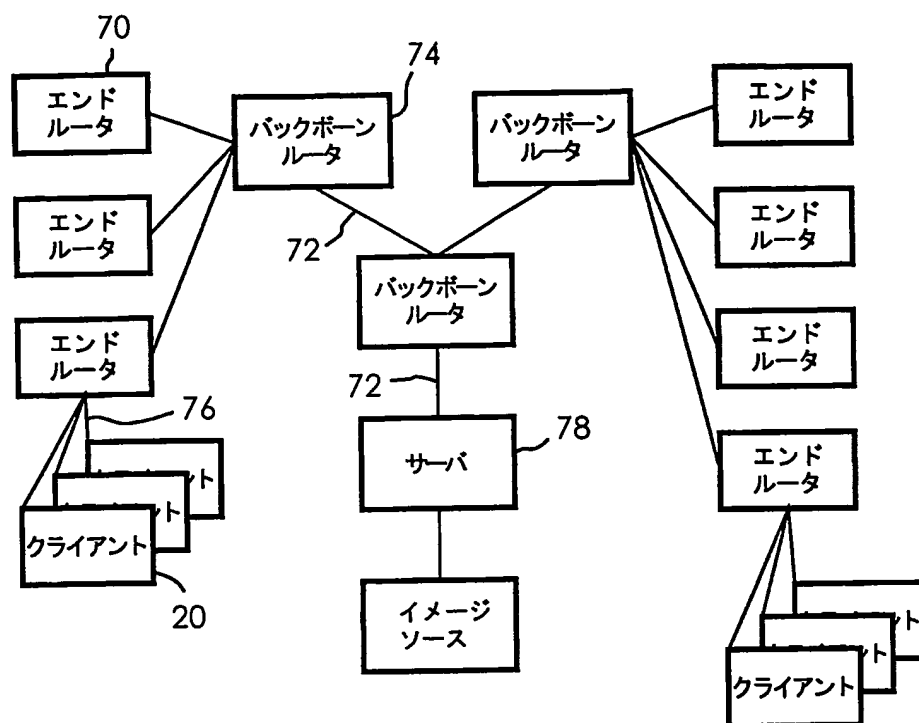


(a)

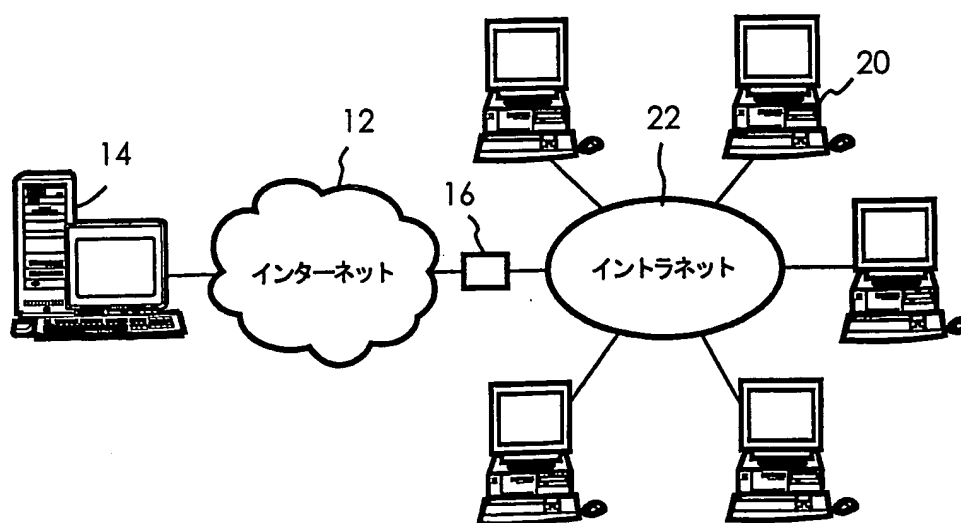


(b)

14/23

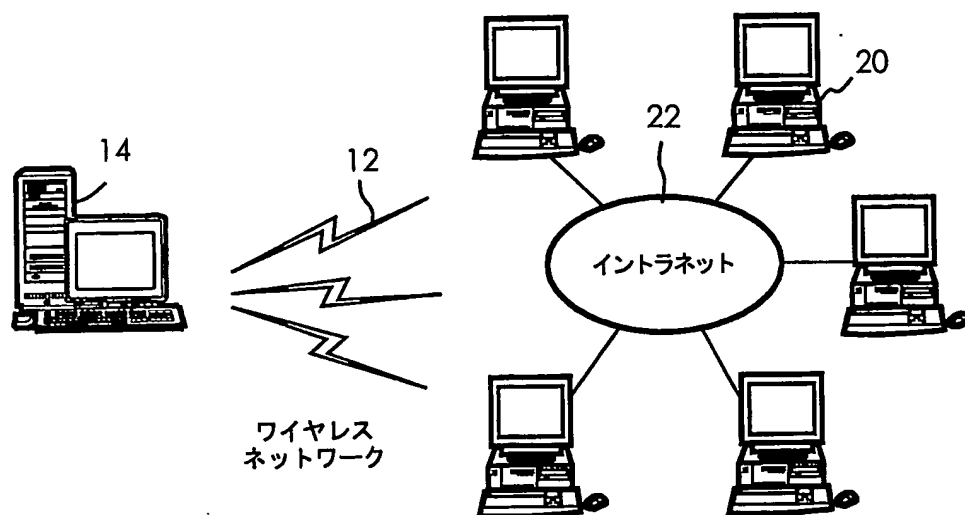


第 20 図

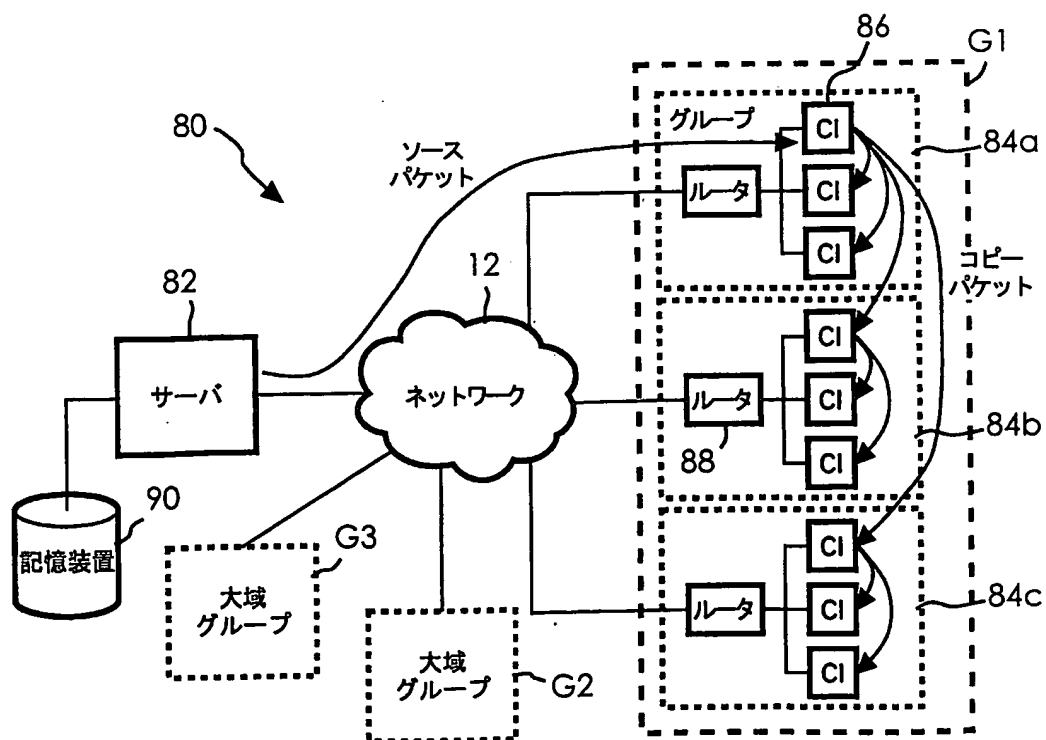


第 21 図

15/23

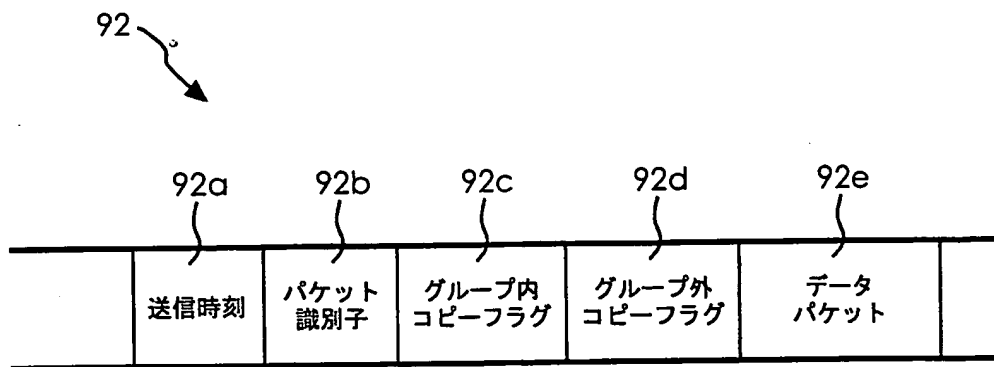


第 2 2 図

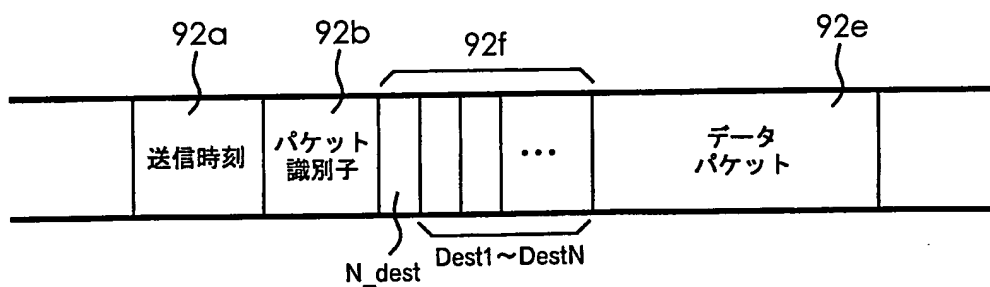


第 2 3 図

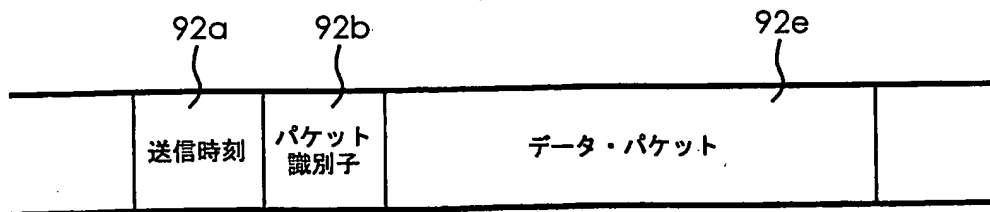
16/23



(a)

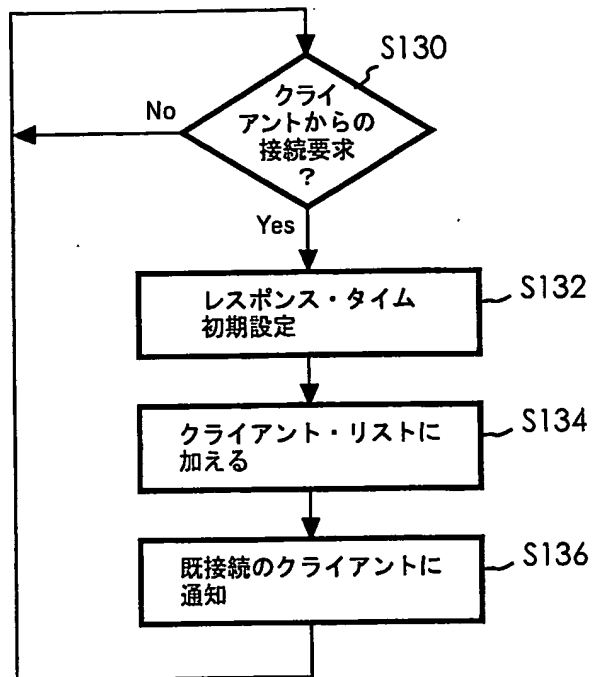


(b)

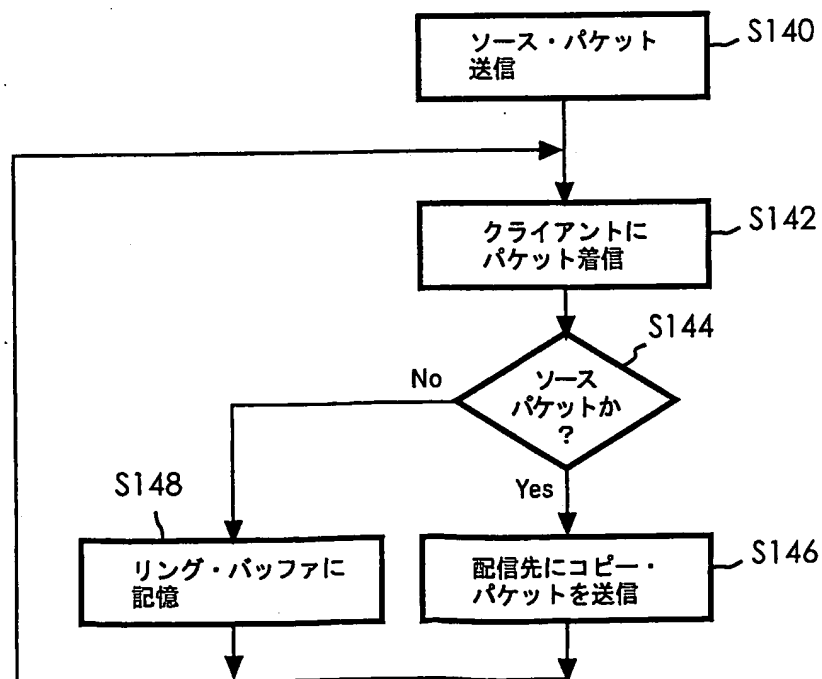


(c)

17/23

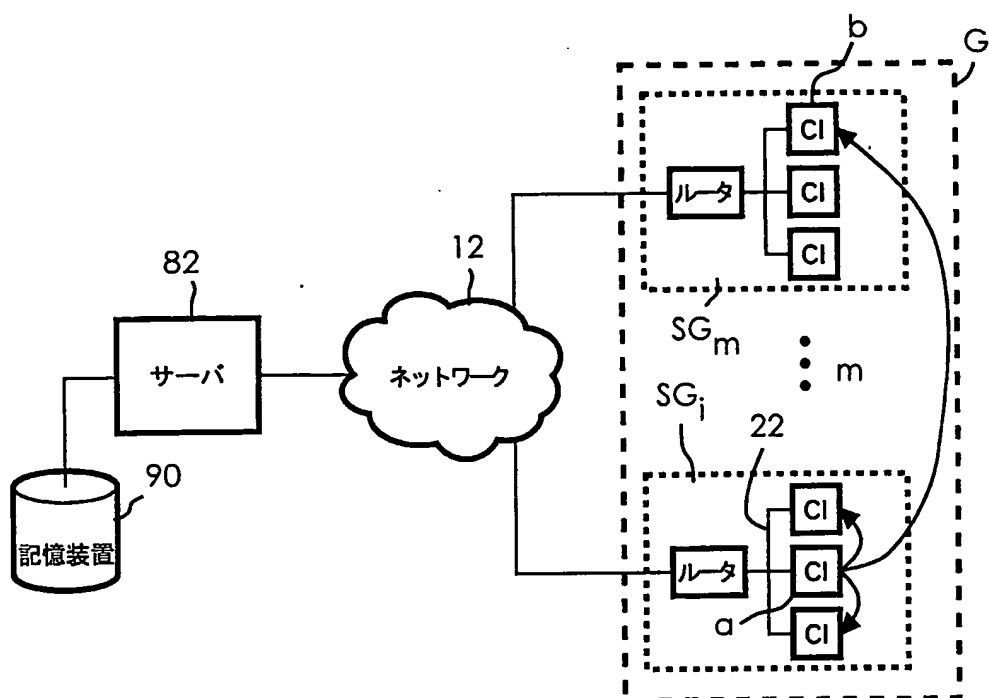


第 2 5 図

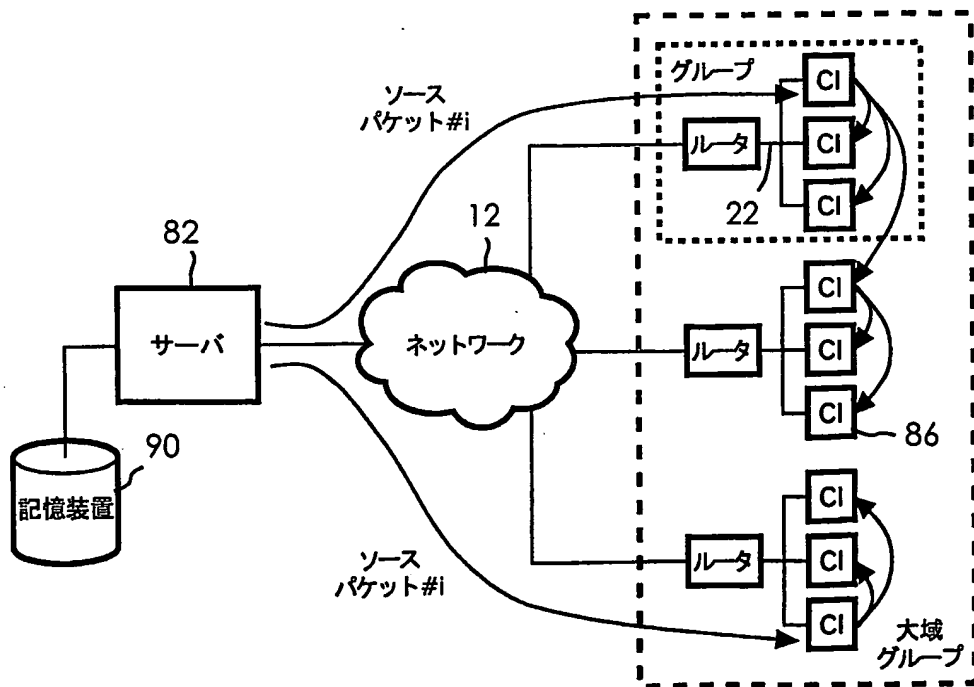


第 2 6 図

18/23

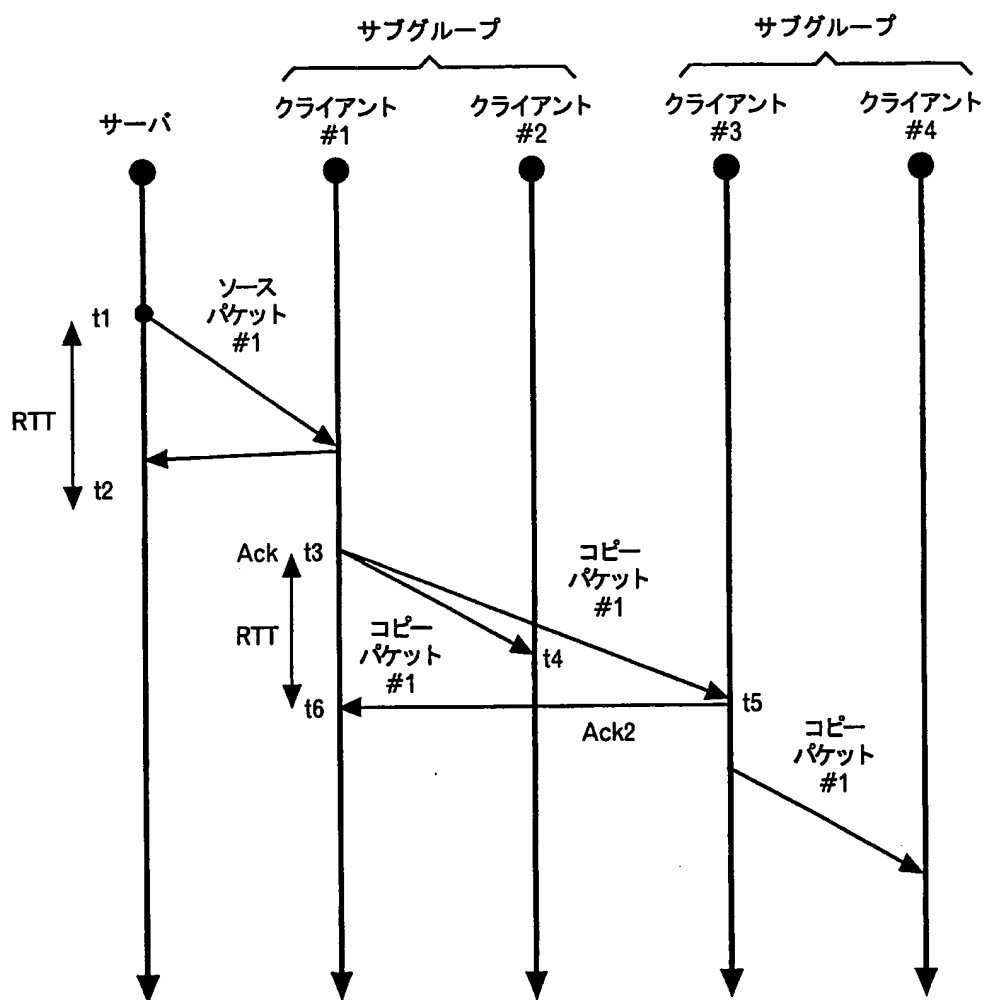


第 27 図



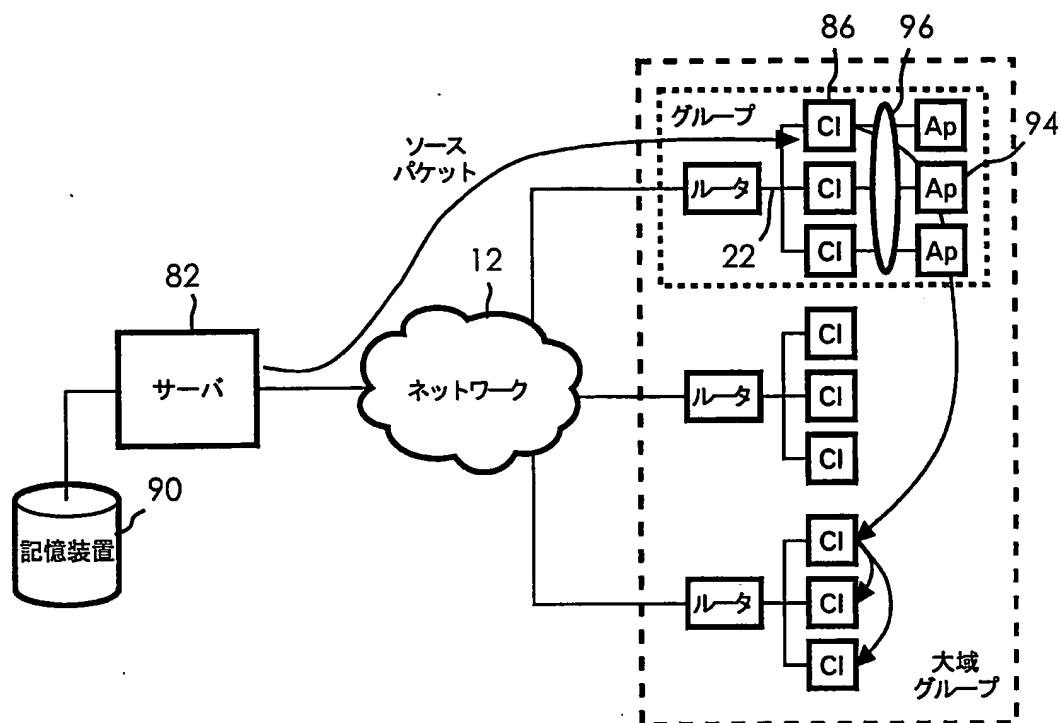
第 29 図

19/23

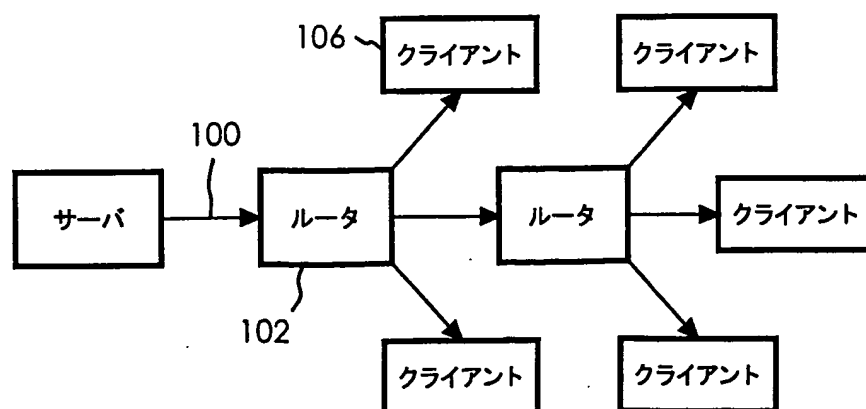


第 2 8 図

20/23

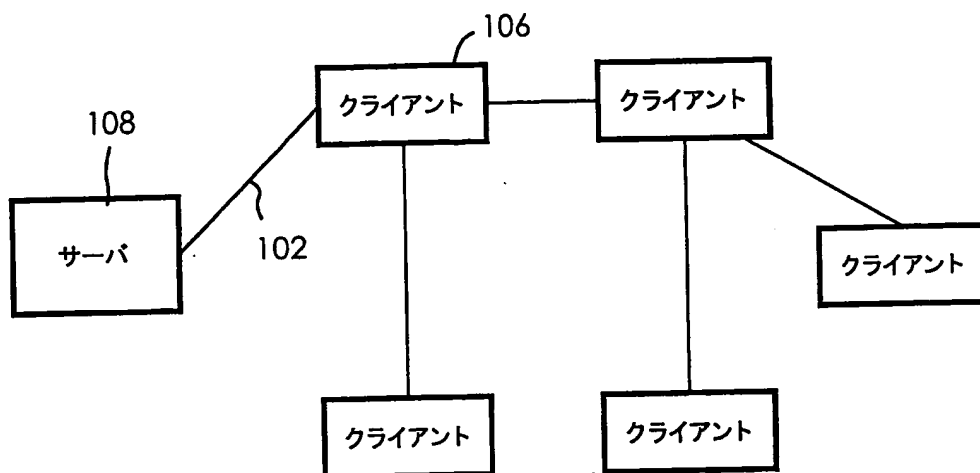


第 3 0 図

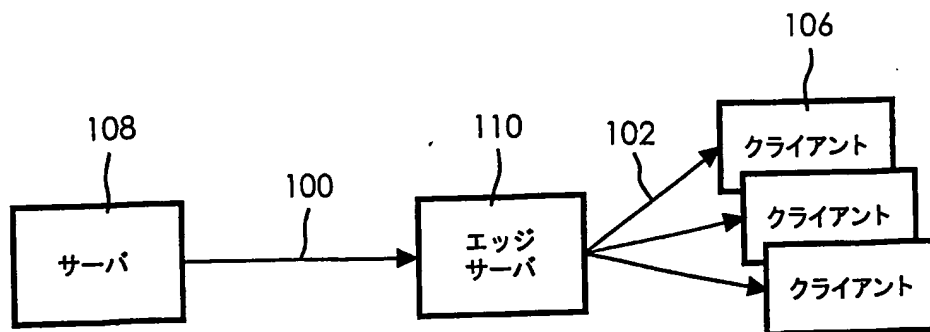


第 3 1 図

21/23

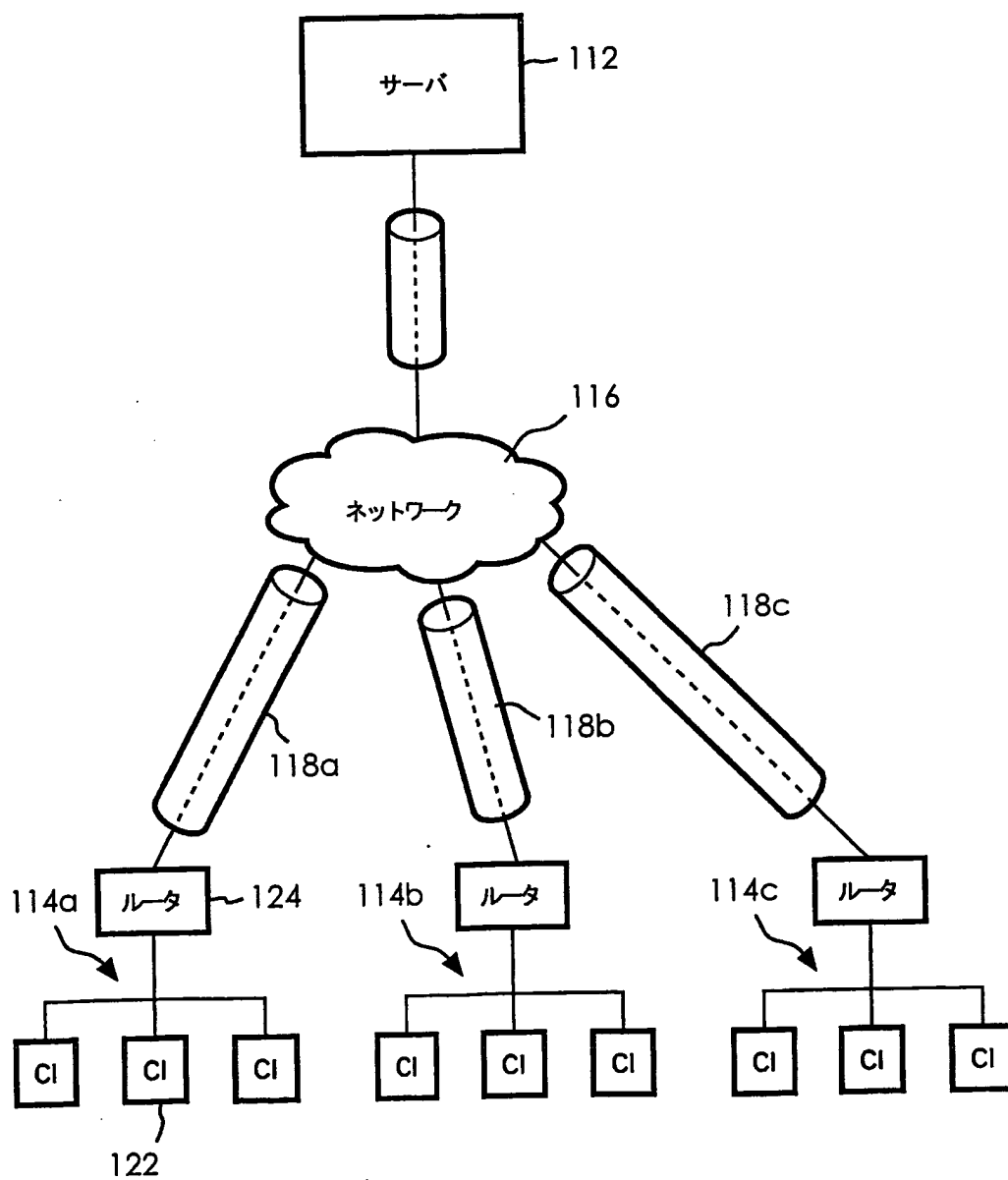


第 3 2 図



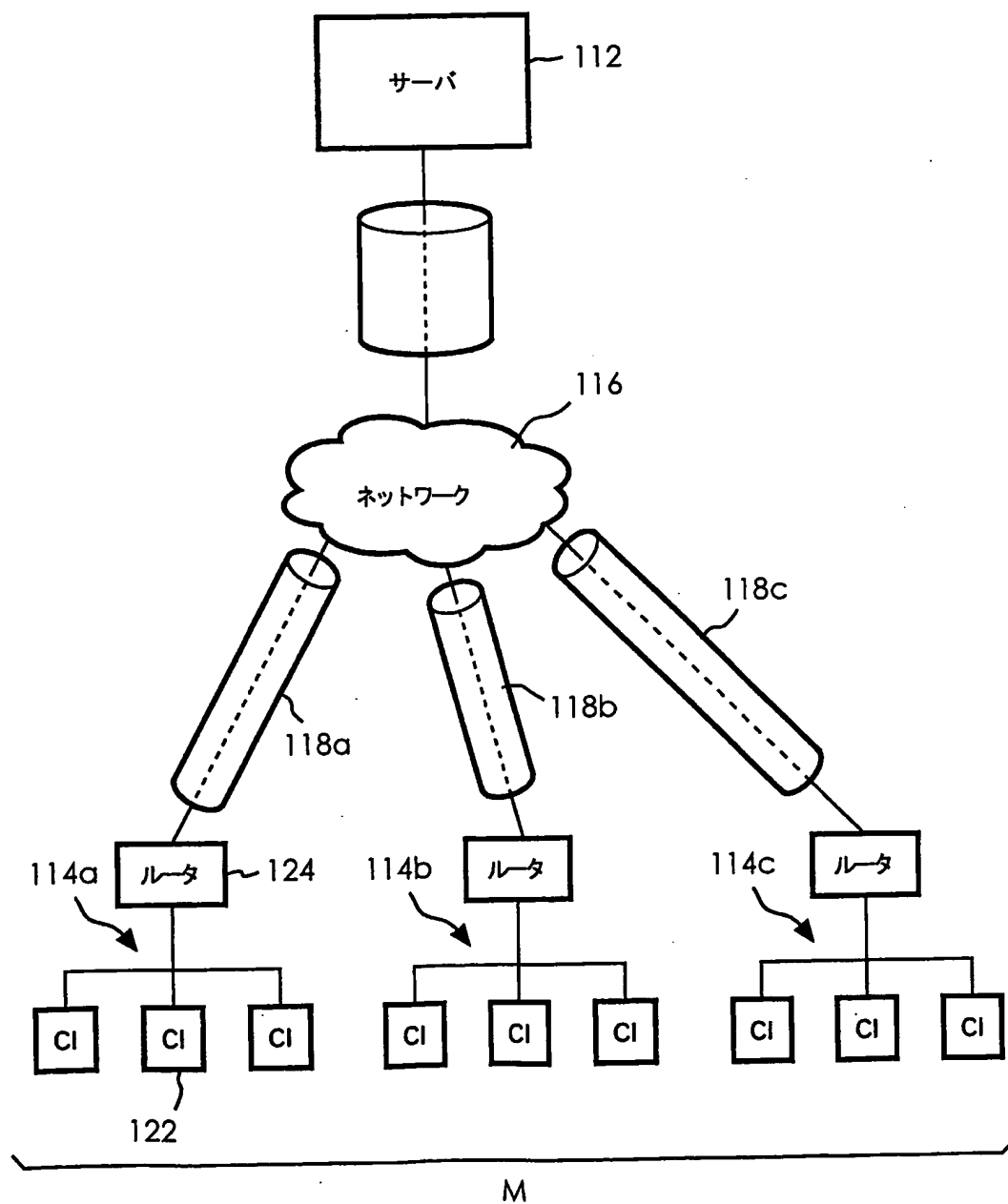
第 3 3 図

22/23



第 3 4 図

23/23



第 3 5 図

定することができる。たとえば、クライアント20e以外のクライアントは、他の処理を実行しているか、所定のしきい値時間の間に応答をサーバ14へと返さなかった、またはクライアント20eよりもRTTがたとえば設定されたしきい値以上に遅かった、などの理由から中間ノードとして選定されていない。

5

図6に示される実施の形態では、クライアント20eは、サーバ14から見て十分な処理能力があるものと判断されて、ソース・パケットを受信する中間ノードとされている。ソース・パケットを受信したクライアント20eは、グループ#1内の他のクライアントへと、たとえば同報通信などを使用して、コピー・パケットを送信する。

10

本発明においては、さらに、最もRTTが小さかったクライアントを中間ノードとして選択する他、下記に説明するように、クライアント間にRTTに関連して割り当て重みを付与することができる。たとえば、本発明において最も好ましい実施の形態においては、採用することができる割り当て重みは、下記式に基づいて与えることができる。

15

$$\text{ソース・パケットの割り当て重み} \propto \frac{t_k r_k}{\sum_{i=1}^m t_i r_i},$$

t_k : スループット $\propto 1/\text{RTT}$

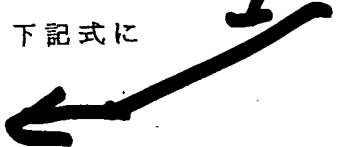
r_k : コピー・レート

上式中、 $t_k r_k$ は、実質的なスループット、すなわち単位時間でクライアントが処理できるパケットの数に比例する。したがって、この割り当て方法は、実効スループットを最大化する、すなわち、安定性を最大化することが目標関数になっている。なお、本発明においては、上記条件をソース・パケットごとに適用することができる。また、本発明においては、ソース・パケットの割り当て重みは、所定の時間間隔で定期的に更新することができる。各時点でパケットを受信できないクライアントは、パス選択の候補からすでに除外されているので、割り当て重みに誤差があったとしても、ソース・パケットが喪失するような重大な状況は起こらない。また、本発明の他の実施の形態においてはRTTのみを使用して実効スループットを判断することもできる。

20

25

Equation
1



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.